

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2013

Martin Mlčoch

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroniky 430

Absolvování individuální odborné praxe

Individual Professional Practice in the Company

Zadání bakalářské práce

Student: **Martin Mlčoch**
Studijní program: B2649 Elektrotechnika
Studijní obor: 2602R014 Aplikovaná a komerční elektronika
Téma: **Absolvování individuální odborné praxe**
Individual Professional Practice in the Company

Zásady pro vypracování:

1. Student vykoná individuální praxi ve firmě: HELLA AUTOTECHNIK s.r.o.
2. Struktura závěrečné zprávy:
 - a. Popis odborného zaměření firmy, u které student vykonal odbornou praxi a popis pracovního zařazení studenta
 - b. Seznam úkolů zadaných studentovi v průběhu odborné praxe s vyjádřením jejich časové náročnosti
 - c. Zvolený postup řešení zadaných úkolů
 - d. Teoretické a praktické znalosti a dovednosti získané v průběhu studia uplatněné studentem v průběhu odborné praxe
 - e. Znalosti či dovednosti scházející studentovi v průběhu odborné praxe
 - f. Dosažené výsledky v průběhu odborné praxe a její celkové zhodnocení

Seznam doporučené odborné literatury:

Podle pokynů konzultanta, který vedl odbornou praxi studenta

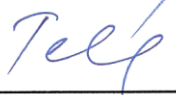
Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Ivo Neborák, CSc.**

Konzultant bakalářské práce: Ing. Helena Blažková

Datum zadání: 16.11.2012

Datum odevzdání: 07.05.2013



doc. Ing. Petr Palacký, Ph.D.
vedoucí katedry

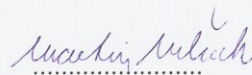


prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení

„Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace ze kterých jsem čerpal.“

V Ostravě 7. května 2013



Martin Mlčoch

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl především poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Ivu Neborákovi CSc. a konzultantce mé bakalářské práce slečně Ing. Heleně Blažkové, za podporu a mnoho cenných rad a připomínek při vedení bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval vedoucímu oddělení Dr. Markovi Olivíkovi, za projevenou důvěru a s tím spojenou možnost vykonávat odbornou praxi ve firmě Hella Autotechnik v Mohelnici.

Abstrakt

V této bakalářské práci hodnotím odbornou praxi, kterou jsem vykonával jako student VŠB – TUO oboru aplikovaná a komerční elektronika ve firmě Hella Autotechnik v Mohelnici, která se zabývá vývojem LED modulů a výrobou zadních lamp a světlometů pro automobilovou osvětlovací techniku. Smyslem odborné praxe bylo ověřit míru dovedností nabytých teoretickým studiem a vytvořením reálné představy pracovní náplně absolventa VŠ elektrotechnického zaměření. V jednotlivých kapitolách nejprve popisují zaměření firmy Hella a mé pracovní zařazení. Dále se zabývám popisem zadaných úkolů v průběhu odborné praxe a jejich zpracováním, např. Měření degradace LED, termovizní měření, testování přípravku SGLux multiboard. Také se zde zabývám znalostmi a dovednostmi, které jsem získal na odborné praxi a naopak těmi, které mi chyběly k úspěšnému plnění pracovních úkolů. Na závěr shrnuji dosažené výsledky a celkově hodnotím absolvování odborné praxe.

Klíčová slova

Odborná praxe, Hella Autotechnik, LED, PCB, intenzita světelného toku, tepelný management, tepelný odpor, termografie, termokamera, infračervené záření, Fotodioda, FLIR, SGLux multiboard, luxmetr.

Abstract

This bachelor thesis deals with individual professional practice in the company which I performed as a student of Technical University of Ostrava in the company Hella Autotechnik Mohelnice, which is engaged in the development and production of LED modules for rear lamps and head lamps for automotive lightning industry. The purpose was to verify the professional experience level skills acquired by theoretical study and create an image of real workload of university student in the field of electronics. Individual chapters first describes focus and history of the company Hella Autotechnik and my job tittle. I also deal with the description of given tasks during the practical training and processing such as measurement of LED degradation, thermal measurements and the others. In the next chapter I also deal with the knowledge and skills that I have gained by my work in the company and conversely those that I missed for the successful performance of work tasks. In conclusion I summarize the results I achieved there and overall recapitulation of my individual professional practice in the company.

Keywords

Individual professional practice, Hella autotechnik, LED, PCB, light flow intensity, thermal management, thermal resistance, thermography, thermocamera, infrared light, Photodiode, FLIR, SGLux multiboard, luxmeter.

Seznam použitých symbolů a zkratk

AlP	-	fosfid hlinitý, polovodičový materiál
CAE	-	specialisti počítačového inženýrství (Computer Aid Engineering)
EMC	-	elektromagnetická kompatibilita (Electromagnetic Compatibility)
GaP	-	fosfid galia, polovodičový materiál
HAN	-	mohelnický výrobní závod Hella Autotechnik NOVA
HAT	-	vývojové centrum Hella Autotechnik, s.r.o.
InP	-	fosfid india, polovodičový materiál
InGaP	-	indium galium fosfid, polovodičový materiál
LCD	-	displej na bázi tekutých krystalů (Liquid Crystal Display)
LE	-	skupina vývojového oddělení Hella Autotechnik s.r.o. (Light Electronics)
LED	-	elektroluminescenční dioda (Light Emitting Diode)
PCB	-	deska plošných spojů (Printed Circuit Board)
PMMA	-	poly-methyl-metha-akrylát, plexisklo
PN	-	oblast rozhraní příměsového polovodiče typu P a polovodiče typu N
POF	-	polymerové optické vlákno (Polymer Optical Fiber)
SMD	-	elektronické součástky pro povrchovou montáž (Surface Mount Device)
SML	-	poziční světlo pro automobily
E_{rel}	-	[%] relativní intenzita světelného toku
E	-	[lux] intenzita světelného toku
I_F	-	[mA] propustný elektrický proud LED
$I_{pp\ max}$	-	[mA] maximální špičková hodnota pulsního elektrického proudu LED
P_D	-	[W] elektrický ztrátový výkon
T_a	-	[°C] termodynamická teplota okolí
T_j	-	[°C] termodynamická teplota PN přechodu
T_s	-	[°C] termodynamická teplota pájecího bodu LED
$R_{th\ j-s}$	-	[K/W] teplotní odpor LED oblasti PN přechod – pájecí bod
ε	-	[-] emisivita tělesa
σ	-	[5,6704.10 ⁻⁸ W.m ⁻² .K ⁻⁴] Stefanova-Boltzmannova konstanta
λ_s	-	[nm] spektrální rozsah vlnových délek fotodiody
λ_{smax}	-	[nm] maximální citlivost fotodiody na vlnové délce λ

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Popis odborného zaměření firmy a popis pracovního zařazení studenta	3
2.1. Popis odborného zaměření firmy	3
2.2. Popis pracovního zařazení studenta	4
3. Seznam úkolů zadaných studentovi v průběhu odborné praxe s vyjádřením jejich časové náročnosti	5
3.1. Měření degradace světelného výstupu zadaných vzorků LED v závislosti teplotě čipu.....	5
3.1.1. Měření degradace světelného výstupu zadaných vzorků LED při okolní teplotě $T_a=25^{\circ}\text{C}$ po dobu 30 minut	5
3.1.2. Měření degradace světelného výstupu zadaných vzorků LED v závislosti na teplotě PN...	5
3.2. Termografická měření, vyhodnocení tepelných parametrů zatěžovaných součástek.....	5
3.3. Monitorovací systém pro sledování intenzity světelného toku LED.....	5
4. Zvolený postup zadaných úkolů.....	6
4.1. Měření degradace světelného výstupu zadaných vzorků LED.....	6
4.1.1. Měření degradace světelného výstupu zadaných vzorků LED při okolní teplotě $T_a=25^{\circ}\text{C}$ po dobu 30 minut.	6
4.1.2. Měření degradace světelného výstupu zadaných vzorků LED v závislosti na teplotě PN.	10
4.2. Termografická měření, vyhodnocení teplotních limitů zatěžovaných součástek.....	16
4.3. Monitorovací systém pro sledování intenzity světelného toku LED při EMC testech	22
5. Uplatněné teoretické a praktické znalosti při odborné praxi získané v průběhu studia.....	29
6. Teoretické a praktické znalosti a dovednosti scházející v průběhu vykonávání odborné praxe	29
7. Závěr	30
7.1. Dosažené výsledky v průběhu odborné praxe.....	30
7.2. Celkové zhodnocení	30
Seznam použité literatury.....	31
Seznam příloh.....	32

1. Úvod

Jako téma svojí bakalářské práce jsem si zvolil absolvování odborné praxe ve firmě. O této možnosti jsem se dozvěděl prostřednictvím webových stránek naší fakulty. Protože mi tento netradiční způsob připadal zajímavý, začal jsem se o tuto možnost více zajímat. Podle seznamu firem doporučených fakultou elektrotechniky a informatiky jsem si nejdříve vybíral ze tří firem, které mě zaujaly a shodovaly se s mým odborným zaměřením a to Hella Autotechnik, Elcom a KeS Vratimov. Poslední ze tří zmiňovaných firem jsem navštívil jako student třetího ročníku prostřednictvím předmětu Základy konstrukčních technologií v elektronice. Možná právě tato exkurze odstartovala můj zájem dostat se blíže výrobním a vývojovým procesům přímo v průběhu studia. Ihned po rozhodnutí o absolvování odborné praxe, jsem si vyhledal internetové stránky jednotlivých firem a zjistil požadavky pro uchazeče o odbornou praxi. Tyto obsahovaly motivační dopis a životopis. Proto jsem neváhal a ihned se pustil do psaní. Nejdříve mě zpětně kontaktovala právě Hella Autotechnik a po jejich vřelé komunikaci a velmi rychlé odezvě, jsem si ihned domluvil schůzku. Po domluveném termínu přijímacího pohovoru jsem se vypravil do sídla dceřinné společnosti v Mohelnici na stanovené datum a čas. Po setkání s mojí budoucí vedoucí a konzultantkou Ing. Helenou Blažkovou následoval krátký pohovor s vedoucím oddělení LE Dr. Markem Olivíkem, který mi nastínil možné úkoly, kterými se mohu zabývat v průběhu působení na tomto oddělení. Takto začala moje odborná praxe ve Firmě Hella Autotechnik v Mohelnici. Důvod proč jsem se rozhodl absolvovat odbornou praxi právě v Helle pramení z mého zájmu o automobilový průmysl. Tato volba mi umožnila přiblížit se ke vzniku součástí automobilů a to konkrétně světlometů a zadních lamp pro významné automobilky, které působí zejména na Evropském trhu jako například BMW, Audi, VW, Škoda a jiné.

Automobilový průmysl v České republice představuje jedno z nejrozvinutějších automobilových odvětví v regionu střední a východní Evropy. Stále větší oblibě se nejen v automobilovém průmyslu těší světelné zdroje založené na LED technologii. Cílem je snaha zaujmout potenciálního zákazníka a odlišit daný model nebo modelovou řadu od výrobků konkurence. Jelikož jsou světla jedním z nejdominantnějších prvků vzhledu automobilu, ocitají se v centru pozornosti designerů. Navíc při konstrukci faceliftových verzí je změna tvaru nebo konstrukce světlometů poměrně levnějším řešením než úprava karoserie.

Důvodem pomalého nástupu LED diod byl především jejich zpočátku nedostatečný výkon, ale i relativně vysoká cena. První diody se tak začaly v autech vyráběných sériově objevovat až koncem minulého století. Nejprve našly uplatnění v podsvícení přístrojové desky, některých spínačů nebo u třetího brzdového světla, kde byl využit jejich bezkonkurenčně rychlý náběh. Následně přišly na řadu směrová světla a některé funkce zadních světel. Někdy kolem r. 2005 se rozpoutal hon za vyšším výkonem a efektivitou, který lze přirovnat k vývoji počítačových procesorů. Každou chvíli padl nějaký rekord, a tak za relativně krátkou dobu byly diody LED natolik výkonné, že se začalo uvažovat o jejich využití i ve funkci hlavních světlometů. Zpočátku to byly spíše futuristické studie, neboť výrobní náklady byly pro sériovou výrobu příliš vysoké. Pokušení designérů však bylo velké, protože se jim při použití diod otevíraly zcela nové možnosti. Přední světlomety s LED se tedy začaly sériově montovat nejprve do nejluxusnějších vozů nebo v limitovaných sériích, ale s postupujícím vývojem a

umořováním vstupních investic výrobců se „polovodičový lumen“ (světlo z LED) stával stále levnějším a dostupnějším. Ideálním předmostím k frontálnímu útoku se v mnoha zemích stalo povinné denní svícení, přičemž byl bezkonkurenčně dlouhý život diod LED zvláště doceněn. Některé automobilky si na denním svícení dokonce vybudovaly svou image, přičemž asi nejmarkantnější to bylo u svíticích „obočí“ vozů Audi. Nicméně ani v současné době se závod o vyšší výkon nezastavil a objevil se nový jev tzv. LED modulů. Tyto moduly jsou konstruovány tak, že se LED čipy, tj. světelné zdroje z několika LED (např. pěti), osadí jeden vedle druhého na destičku o rozměru několika milimetrů. Celkový výkon tohoto sdruženého čipu je několikanásobně větší než u jednotlivé diody, přičemž to neznamená výrazný nárůst zástavbové velikosti. S těmito moduly, jejichž dobře směrově uchopitelný světelný výkon dosahuje stovek lumenů, již bylo možné zaútočit na poslední baštu žárovek a výbojek, tj. na potkávací a dálková světla.[1] Největší potenciál lze tušit u LED zdrojů. Tam bude nadále pokračovat zvyšování výkonu a efektivity, které půjdou ruku v ruce s miniaturizací a snižováním cen. To by mělo časem umožnit masivní rozšíření světelných diod i do vozů středních a nižších tříd. Při absolvování odborné praxe jsem se nezabýval pouze LED čipy a moduly ale i oblastmi, které souvisejí s úspěšným uvedením těchto zařízení do bezproblémového provozu. O tomto pojednává moje bakalářská práce.



Obr. 1.1: První full-LED světlomet společnosti Audi na modelu R8 z roku 2008 obsahující 54 kusů LED

2. Popis odborného zaměření firmy a popis pracovního zařazení studenta

2.1. Popis odborného zaměření firmy

Společnost Hella KGaA Hueck & Co dále jen Hella. Je mezinárodně působící německý dodavatel automobilových součástí a systémů se sídlem v Lippstadtu severním porýním - vestfálsku s více než 27 tisíci zaměstnanci v 70 místech ve 30 zemích po celém světě. Skupina Hella vyvíjí a vyrábí osvětlení, elektronické komponenty a systémy pro automobilový průmysl. Také má jednu z největších obchodních sítí automobilových dílů, doplňků, diagnostiky a služeb po celé Evropě. Kompletní automobilové moduly, klimatizační systémy a elektronické systémy jsou vyráběny ve společných podnicích. S více než 4800 inženýry pracujícími ve výzkumu a vývoji je Hella jedním z nejdůležitějších vývojářů pro automobilový průmysl na trhu. Mimo jiné obrát za fiskální rok 2011/2012 činí 4,8 miliardy eur což řadí Hellu mezi 50 nejlepších dodavatelů pro automobilový průmysl na světě a také mezi 100 největších průmyslových podniků v Německu.

Firma HELLA AUTOTECHNIK s.r.o. Mohelnice byla založena v roce 1992 jako stoprocentní dceřiná společnost německého koncernu HELLA KGaA Hueck & Co. Strategickým rozhodnutím vedení HKG bylo následovat firmu Volkswagen do České republiky a založit zde závod na výrobu světelné techniky pro nové typy vozů Škoda Auto, a.s. Tento strategický cíl byl realizován v průběhu let 1992 - 1994, kdy byl vystavěn závod v Mohelnici a zavedena výroba světlometů, zadních světlů, blinkrů a ostřikovačů světlometů pro vozy Škoda Felicia. Úspěšné zvládnutí tohoto projektu bylo odrazovým můstkem pro získání dalších zakázek pro zákazníky z celé automobilové branže.[2]



Obr. 2.1: Společnost Hella Autotechnik v Mohelnici s logem

Od roku 1995 působí v Mohelnici samostatné vývojové centrum. Do společenství Hella v Mohelnici patří:

- Hella Autotechnik s.r.o. (HAT – vývojové centrum)
- Hella Autotechnik Nova, s.r.o. (HAN – mohelnický výrobní závod)
- Centrum sdílených služeb pro střední a východní Evropu

Výrobní závod vyrábí ročně 4 miliony kusů světlometů a mlhovek. Spolehlivostí a kvalitou dodávek představuje špičku v oboru. Mezi hlavní zákazníky patří montážní závody automobilek VW (Passat, Golf A5, SUV Tiguan, Touareg, Polo), FORD (Fiesta, Kuga, Fusion, C-Max), Škoda (Fabia, Roomster, Octavia, Superb), ale také Jaguar a Land Rover. Vstřikování termoplastů a termosetů, lakování, pokovení hliníkem ve vakuu a montáže jsou klíčovými výrobními technologiemi společnosti. Mezi rozvojové záměry společnosti patří dvou komponentní vstřikování termoplastů a rozšíření lakovny.[3]

Vývojové centrum v Mohelnici je druhým největším v koncernu Hella, po vývojovém centru v Mateřském Lippstadtu. Centrum připravuje kompletní projekty světlometů „na klíč“ pro výrobní závody po celém světě a to včetně měření a testování. Zejména pro modely automobilek VW, Škoda, Ford, ale také pro modely firem Audi, BMW, Daimler, DAF, Volvo a Scania.[3]

2.2. Popis pracovního zařazení studenta

Během absolvování odborné praxe ve společnosti Hella jsem byl zařazen na vývojovém centru HAT v oddělení LE (Light Electronics). Pracovníci na tomto oddělení vyvíjí LED aplikace do světlometů a zadních lamp pro osobní i užitkové automobily. Při vývoji světlometu se uplatní konstruktéři, optici, elektronici, CAE specialisté a grafici. Všechny tyto dílčí činnosti koordinuje projektový manažer, který komunikuje se zadavateli projektu a dalšími osobami podílejícími se na projektu. Toto oddělení je zařízeno jako velkoprostorová kancelář, která je rozdělena na několik buněk, ve kterých se nachází tři vybavená pracoviště. V této velkoprostorové kanceláři pracují bok po boku programátoři, elektronici, návrháři DPS a plánovači kvality. Na odborné praxi jsem byl přiřazen do týmu elektroniků – hardwarových inženýrů, kteří navrhují obvodová schémata jednotlivých aplikací a zajišťují měření a testování vzorků, které jsou ve vývoji. Jejich technické vybavení je na velmi dobré úrovni, jednotlivá pracoviště obsahují základní i pokročilé nástroje pro vývoj a testování LED modulů jako například, napájecí zdroje, měřicí přístroje, pájecí stanice, termokamery z vybavení hardwarového a k simulaci a návrhu elektronických obvodů používají zejména program Microcap. Součástí práce elektroniků je také testování elektromagnetické kompatibility, které se provádí v externí laboratoři ve Vyškově. Dále chci zmínit pozici návrhářů desek plošných spojů, kteří vykonávají podpůrnou činnost pro hardware inženýry ve formě návrhu DPS a díky znalosti rozměrů součástek a typů pouzder, se starají o ideální rozložení součástek na desce plošných spojů. K návrhu desek plošných spojů používají program Cadence – PCB layout editor. Všichni tyto odborníci postupují při plnění úkolů tak aby práce přecházela z jednoho odvětví do druhého průběžně a tím se postup vývoje urychlil.

3. Seznam úkolů zadaných studentovi v průběhu odborné praxe s vyjádřením jejich časové náročnosti

V této kapitole uvádím seznam úkolů se stručným popisem, které mi byly zadány v průběhu absolvování odborné praxe a kterými se budu podrobněji zabývat v následující kapitole. Zadání jednotlivých úkolů jsem obdržel vždy po příchodu na pracoviště. Pokud bylo zadání rozsáhlejšího charakteru, navázal jsem na rozdělanou práci. Všechny zadání mi byly pečlivě vysvětleny a byly mi poskytnuty veškeré prostředky k úspěšnému splnění úkolů.

3.1. Měření degradace světelného výstupu zadaných vzorků LED v závislosti teplotě čipu.

Jeden z prvních úkolů popisovaných v této kapitole se týká zjištění degradace světelného výstupu v závislosti na čase zadaných vzorků LED. Bod 3.1. se dále dělí na dvě části.

3.1.1. Měření degradace světelného výstupu zadaných vzorků LED při okolní teplotě $T_a=25^{\circ}\text{C}$ po dobu 30 minut

Toto měření se provádí ke zjištění, v jakém rozsahu se bude pohybovat světelný výstup z LED diod během homologačního měření.

3.1.2. Měření degradace světelného výstupu zadaných vzorků LED v závislosti na teplotě PN

Druhá část bodu 3.1. se týká měření intenzity světelného toku LED při různých teplotách čipu, s následným porovnáním naměřených hodnot s hodnotami, které udává výrobce v katalogovém listu.

Celkový čas strávený na těchto úkolech dohromady 16 hodin.

3.2. Termografická měření, vyhodnocení tepelných parametrů zatěžovaných součástek

První část tohoto úkolu se týká proškolení práce s termokamerou a následným měřením zadaných vzorků SML modulů. Dále se zabývám vyhodnocením nejteplejších míst na SML modulech a následným ověřením teplotních parametrů použitých součástek.

Celkový čas strávený na tomto zadání 16 hodin.

3.3. Monitorovací systém pro sledování intenzity světelného toku LED

V tomto zadání jsem se zabýval přípravkem SGLux multiboard a vyhodnocením jeho použitelnosti pro měření světelného toku LED optickou přenosovou vazbou v EMC laboratoři.

Celkový čas strávený na tomto zadání 8 hodin.

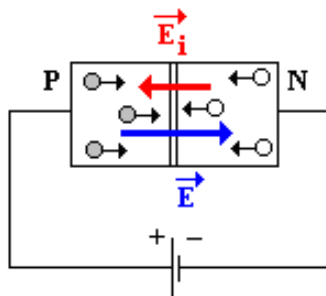
4. Zvolený postup zadaných úkolů

4.1. Měření degradace světelného výstupu zadaných vzorků LED

4.1.1. Měření degradace světelného výstupu zadaných vzorků LED při okolní teplotě $T_a=25^{\circ}\text{C}$ po dobu 30 minut.

V prvním úkolu jsem dostal zadáno změřit degradaci světelného výstupu v závislosti na čase zadaných vzorků LED pomocí Luxmetru. Degradaci v závislosti na čase jsem měřil proto, že se jednalo o homologační měření. Homologační měření znamená, že proměřovaný vzorek nesmí přesáhnout maximum dané funkce po jedné minutě svícení a minimum po třiceti minutách. Maximální a minimální hodnoty jsou specifikovány výrobcem s ohledem na oblast použití zařízení. Cílem tohoto měření je zjistit v jaké míře poklesne intenzita světelného toku produkovaná LED diodou do doby, než se ustálí tepelné poměry v proměřovaném vzorku a také osvojit si způsob homologačních měření.

LED (z anglického Light-Emitting Diode - dioda emitující světlo) je polovodičový světelný zdroj. Jde o elektronickou polovodičovou součástku obsahující přechod PN. Pro vytvoření polovodičových přechodů PN se používají zejména polovodiče typu $A^{III}B^V$ vysoké čistoty, legované malým množstvím vhodných příměsí, které vytvářejí buď přebytek elektronů (materiál typu N), nebo jejich nedostatek, tedy přebytek děr (materiál typu P). V místě, kde se stýkají polovodiče obou typů vzniká tzv. přechod PN. Přiložením stejnosměrného napětí správné polaritě na tento přechod dojde ke vzájemnému přibližování elektronů a děr k místu kontaktu a k jejich rekombinaci. Při rekombinaci každého páru elektron-díra se uvolní určité kvantum energie, které se může vyzářit mimo krystal. Elektrická energie se tak mění přímo na světlo určité barvy. První diody vyzařovaly světlo červené barvy, po nich se objevily diody se zelenou, oranžovou, žlutou a nakonec modrou barvou. Všechny tyto typy se vyznačují velmi úzkou křivkou spektrálního složení (InP, GaP, AlP). Dokonalejší a velmi náročné technologické postupy zajišťující vysokou čistotu výsledného produktu zvyšovaly účinnosti LED, zlepšily jejich odolnost proti působení vyšší teploty a vlhkosti. Doplnění sortimentu o modrou barvu umožnilo vyvinout i diody barvy bílé, kde k přeměně na bílé světlo dochází pomocí luminoforu. Z principu funkce světelné diody však nelze získat bílé světlo. Teprve doplnění sortimentu o modré LED na bázi nitridu galia a india (InGaN) umožnilo vyvinout diody se světlem bílé barvy. Bílé světlo lze získat dvěma způsoby. První spočívá v míšení světla červené, zelené a modré LED. Pro tuto kombinaci je zapotřebí použití náročného softwaru a hardwaru. Výsledný jas je nižší a v důsledku nerovnoměrné degradace jednotlivých druhů čipů dochází v průběhu života k nežádoucím posunům barvy vyzařovaného světla. Druhý způsob využívá fosforence luminoforu, který je buzen zářením modře svítící diody InGaN. Tento způsob je obdobný principu vzniku světla v klasických zářivkách. Konstrukčně představují LED diody součástku, v níž je kontaktovaný čip (nebo kombinace čipů) zastříknut materiálem s požadovanými optickými vlastnostmi (epoxydová pryskyřice, silikon). Kontakty mohou být v provedení pro povrchovou montáž SMD nebo ve tvaru ohebných či poddajných přívodů. [4]



Obr. 4.1: LED dioda zapojená v propustném směru

Poté co jsem obdržel vzorek k proměření vyhledal jsem v katalogovém listu jmenovitý proud a úbytek napětí, na kterém se dioda třídí. Protože zadané vzorky byly použity z předchozího návrhu lamp a na první pohled nebylo patrné v jakém směru je dioda polarizována, zjistil jsem polarizaci pomocí multimetru. Dále následovalo připájení přívodních kabelů na plochu PCB, pomocí hrotové pájky, ke které byly připájeny vývody pouzdra LED. Měřené vzorky byly provozovány na napájecím napětí o velikosti 13,5V, což je velikost palubního napájecího napětí v automobilu. Proud protékající diodou byl nastaven předřadnými odpory, jejichž velikost se vypočte podle vzorce (4.1). Pro výpočet velikosti předřadného odporu byly použity hodnoty uvedené v tabulce 4.1.

I_F	U_F	U_{cc}
[mA]	[V]	[V]
140	2,1	13,5

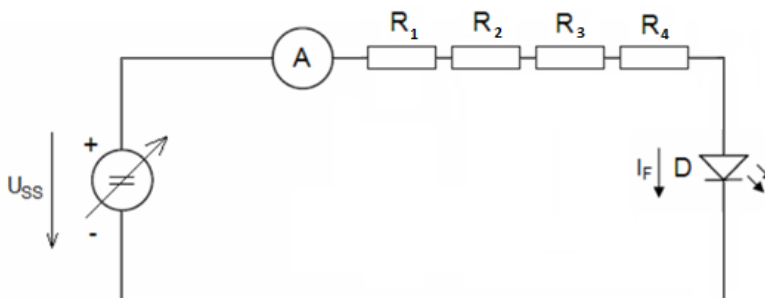
Tab. 4.1: Parametry potřebné pro výpočet předřadného odporu LED LA G6SP

$$R = \frac{U_{cc} - U_F}{I_F} = 81,43\Omega \quad (4.1)$$

Tento výpočet je vztažen k prvnímu proměřovanému vzorku LED typu LA G6SP. Postup výpočtu se opakuje pro všechny zadané typy LED. Seznam jednotlivých typů proměřovaných LED je uveden v tabulce 4.2 Při volbě rezistoru dle řady je třeba vhodně dimenzovat rezistor s ohledem na výkonovou ztrátu, která se vypočte podle vztahu (4.2). Protože na pracovišti nebyly k dispozici rezistory pro tento ztrátový výkon a nejvíce rezistorů bylo s jmenovitým zatížením 0,5W, použil jsem čtyři o hodnotě 20R řady E24 a zapojil do série.

$$P = U_F \times I_F = 1,5W \quad (4.2)$$

Po připravení měřeného vzorku jsem sestavil měřicí pracoviště, které se skládalo z napájecího zdroje, ampérmetru, měřeného vzorku, měřicí komory luxmetru a stopek. K měření intenzity světelného toku byl použit luxmetr DT 8809-A. Po sestavení obvodu dle schématu zapojení na obr. 4.2 jsem přikročil k měření nastavením stejnosměrného napětí a proudu na napájecím zdroji. Hodnota proudu tekoucího LED diodou byla pro větší přesnost nastavována pomocí ampérmetru připojeného do série na rozsahu 200mA. Rozsah se nastavoval i na luxmetru a to vždy tak aby měření probíhalo na 2/3 měřicího rozsahu pro přesnější měření pokud to bylo ovšem možné. Při nastavování těchto hodnot se LED dioda na krátkou dobu rozsvítila a procházející proud za pár vteřin změnil teplotu čipu. Proto bylo třeba počkat, dokud se teplota ustálí na teplotě okolí. V opačném případě by došlo ke zkreslení naměřených hodnot. Naměřené hodnoty jsem zapisoval do předem připravené tabulky po dobu 30 minut po zvolených krocích, které jsou patrné z tabulky 4.3. Po 30 minutách se považoval stav měřeného vzorku za ustálený. Tabulky naměřených hodnot pro ostatní LED jsou uvedeny v příloze A.



Obr. 4.2: Schéma zapojení LED diody do obvodu

Tento postup byl opakován pro všechny zadané vzorky. Naměřené hodnoty jsem zpracoval do tabulky v programu excel a vytvořil graf v programu GNU plot. Sestrojený graf z naměřených hodnot je zobrazen na obrázku 4.3. Osa x představuje čas v sekundách a osa y intenzitu světelného toku v [%]. Aby bylo možné srovnávat naměřené hodnoty jednotlivých typů mezi sebou, jsou naměřené hodnoty zobrazeny relativně tzn. vztažené k maximální hodnotě pro každé měření. Přepoččet jsem provedl podle vzorce (4.3). Uvedený výpočet je proveden pro druhý řádek tabulky 4.3, $t = 5s$.

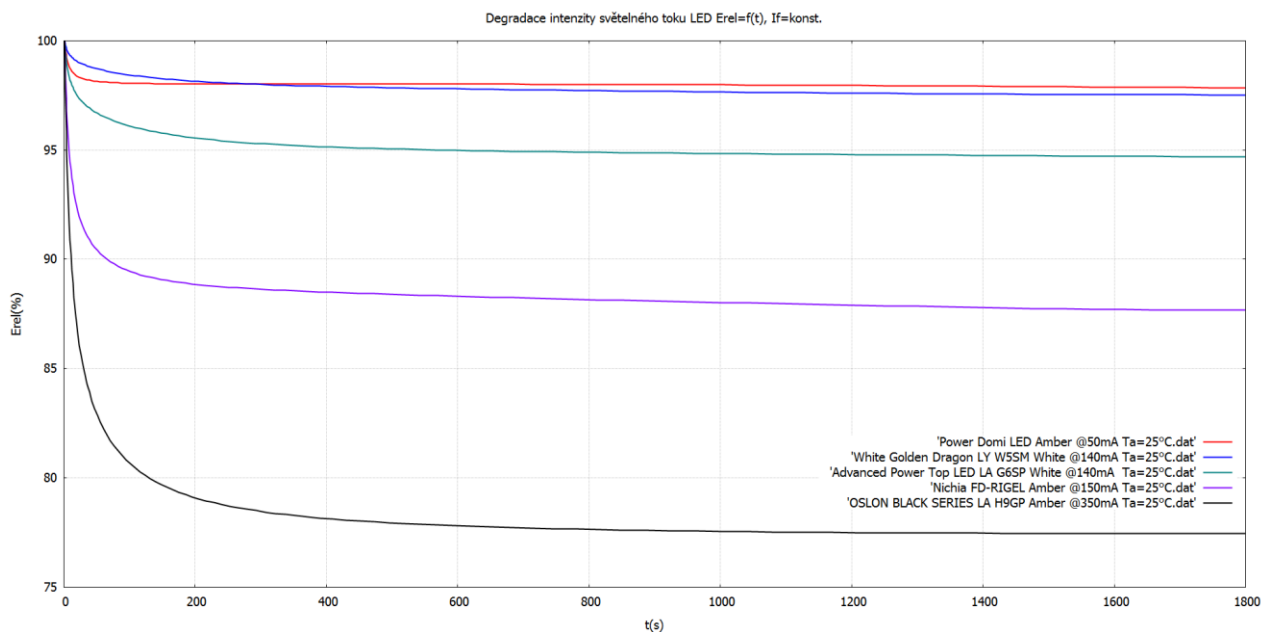
Typ	Výrobce	I_F	$I_{PP\ max}$	U_F	$R_{th\ j-s}$	T_j	$T_{j\ max}$
		[mA]	[mA]	[V]	[K/W]	[°C]	[°C]
Power DomiLED™	Dominant™	50	100	2,2	130	125	125
FD-RIGEL	Nichia	150	350	3,2	-	150	150
LY W5SM	OSRAM	140	2500	2,4	8	135	175
LA G6SP	OSRAM	140	1000	2,1	60	125	150
LA H9GP	OSRAM	350	2500	2,5	8	150	175

Tab. 4.2: Přehled hlavních parametrů proměřovaných typů LED

ČM.	t	E	E _{rel}
	[s]	[lux]	[%]
1.	1	3269	100,00
2.	5	3248	99,36
3.	10	3241	99,14
4.	20	3234	98,93
5.	30	3228	98,75
6.	60	3216	98,38
7.	120	3211	98,23
8.	180	3207	98,10
9.	240	3203	97,98
10.	300	3201	97,92
11.	420	3198	97,83
12.	600	3196	97,77
13.	900	3193	97,68
14.	1200	3190	97,58
15.	1500	3188	97,52
16.	1800	3188	97,52

Tab. 4.3: Naměřené a vypočtené hodnoty pro LED OSRAM LA G6SP

$$E_{rel} = \frac{E}{E_{max}} * 100 = \frac{3248}{3269} * 100 = 99,35\% \quad (4.3)$$



Obr. 4.3: Naměřené hodnoty degradace intenzity světelného toku LED

V tomto úkolu jsem měřil degradaci zadaných vzorků LED diod, při typických hodnotách propustného proudu v závislosti na čase. To je do té doby dokud došlo k ustálení tepelných poměrů mezi součástkou a prostředím s okolní teplotou $T_a=25^\circ\text{C}$, kdy se již neměnila hodnota intenzity světelného toku. Z grafu na obr. 4.3 je patrné, že největší degradace nastala v prvních třech minutách měření, kdy docházelo k největšímu nárůstu teploty PN přechodu jednotlivých LED diod. Dále je vidět, že více degradují diody s vyšším propustným proudem a to z toho důvodu, že polovodičový čip je více zahříván větším propustným proudem. Největší degradace nastala u vzorku LA H9GP a to 22%. U LED s označením Nichia FD-RIGEL s jmenovitou hodnotou propustného proudu 140mA, poklesla hodnota intenzity světelného toku na 88% to je o 12%. Poslední LED emitující červené světlo byla dioda typu Power Domi LED s typickou hodnotou propustného proudu 50mA, která při měření zdegradovala o 3%. U LED emitující bílé světlo typu LYW5SM poklesla intenzita světelného toku o 3% a u typu LA G6SP o 6%. Obě tyto LED diody pracují se stejnou typickou hodnotou propustného proudu 140mA. Rozdílná úroveň degradace LED s bílým světlem je způsobena tím, že typ LY W5SM má lepší odvod tepla z oblasti PN přechodu, tzn. lepší konstrukční uspořádání pouzdra pro čip LED. Z naměřených charakteristik je také vidět, že LED diody svítící červeně obecně degradují více než LED diody bílé. Tímto měřením jsem splnil zadání.

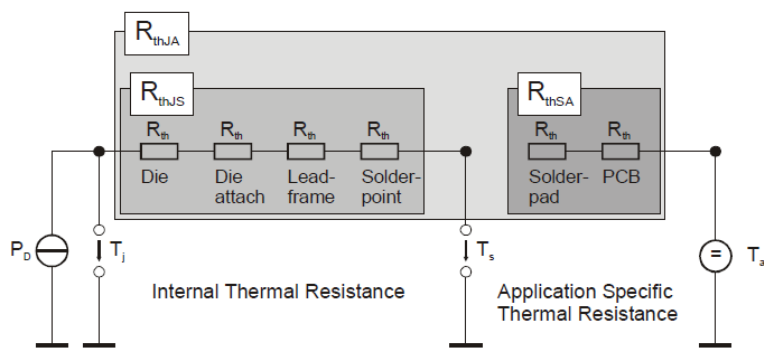
4.1.2. Měření degradace světelného výstupu zadaných vzorků LED v závislosti na teplotě PN

V tomto úkolu mi bylo zadáno proměřit opět degradaci světelného výstupu LED v závislosti na teplotě PN přechodu. Cílem tohoto měření je zjistit jak se chová světelný tok produkovaný LED diodami při různých teplotách čipu.

Hlavním problémem tohoto měření byl způsob zjištění teploty přechodu LED. Ta je kvůli malé velikosti čipu a okolní optiky obtížně měřitelná. Existuje několik způsobů jak teplotu PN přechodu označovanou T_j změřit a vzhledem k technickému vybavení pracoviště byla zvolena metoda pomocí modelu prostupu tepla polovodičovou součástkou. Tato metoda se používá pro výpočet přestupu tepla od čipu skrz pouzdro součástky při návrhu chladičů. Teplotní model, který je na obr. 4.5 vychází z analogie k ohmovu zákonu. Elektrický proud je nahrazen ztrátovým výkonem, teplotní odpor materiálu je modelován jako rezistor a teplotní body jsou reprezentovány jako napětí. Pro jednosměrný přestup tepla se v průmyslu používá pro výpočet teploty PN přechodu rovnice (4.4), která je vztažena k referenčnímu bodu, kterým byl v těchto měřeních T_s .



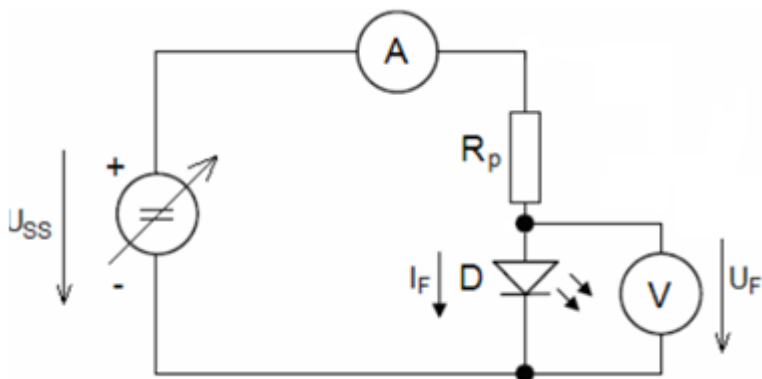
Obr. 4.4: Proměřované typy LED společnosti OSRAM, zprava: LA G6SP, LA H9GP



Obr. 4.5: Teplotní model prostupu tepla pouzdrem LED

$$T_j = T_s + (R_{thj-s} * P_D) \quad (4.4)$$

Teplota přechodu PN je součtem teploty pájecího bodu s výsledkem součinu tepelného odporu R_{thj-s} a ztrátového výkonu P_D . T_s je teplota pájecího bodu – katody čipu připájené k PCB. Hodnotu tepelného odporu R_{thj-s} jsem vyčetl z katalogového listu součástky. Teplota pájecího bodu byla měřena termočlánkem, který jsem připevnil na katodu LED. Velkou pozornost je třeba věnovat správnému umístění termočlánku co nejbližší ke kontaktu pouzdra. Termočlánek je s pájecím bodem spojen teplovodivou pastou a drát přilepen lepidlem. Teplovodivá pasta je látka, která zlepšuje tepelnou vodivost styku mezi dvěma předměty. Použitý termočlánek je typu J železo-konstantan s citlivostí $52,3 \mu V/^{\circ}C$ a umožňuje měření teploty v rozsahu $0-750^{\circ}C$. Po připravení vzorku k měření jsem sestavil měřicí pracoviště. Zapojení se skládalo z napájecího zdroje, měřeného přípravku, ampérmetru, voltmetru, luxmetru se sondou, termometrem na který byl připojen termočlánek, měřicí komorou a výkonovým odporem.

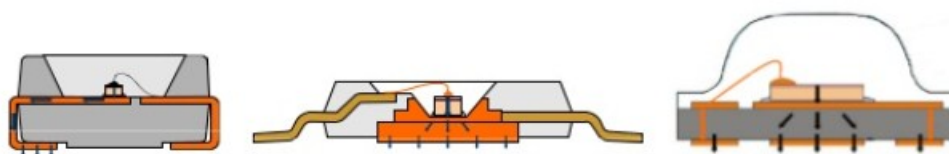


Obr. 4.6: Schéma zapojení LED do obvodu

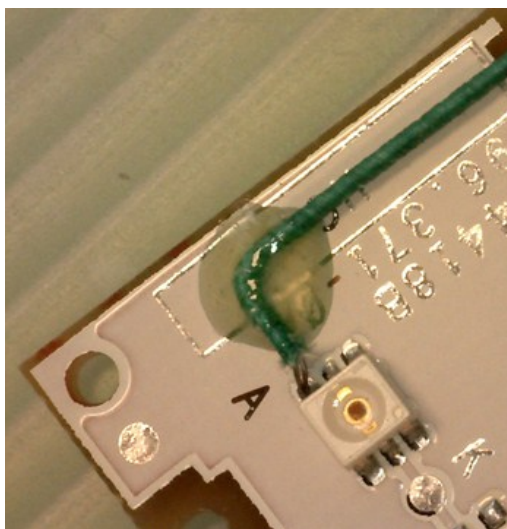


Obr. 4.7: Drátový výkonový rezistor 200W

Schéma zapojení LED diody do obvodu je na obrázku 4.6. Výkonový odpor byl umístěn pod měřeným vzorkem v měřicí komoře a ztrátový výkon přeměněný v teplo zajišťoval ohřev v rozsahu teplot $T_a = 25-110^\circ\text{C}$. Charakteristika teploty povrchu rezistoru je zobrazena v grafu na obr. 4.10. Proměřované vzorky byly použity z předchozího měření a byly doplněny o termočlánek. Měření intenzity světelného toku bylo prováděno luxmetrem DT 8809 s vyvedenou sondou do měřicí komory. Měřicí komora byla realizována pomocí papírové krabice, její účel byl eliminovat jiné světelné záření než záření emitované LED, které by zkreslovalo naměřené hodnoty na luxmetru. Nyní jsem přikročil k vlastnímu měření nastavením napájecího napětí zdroje na hodnotu 13,5V a proudu I_F na jmenovitou hodnotu proměřovaného typu LED. Při nastavování jmenovitého proudu a napětí se dioda zahřála, a proto jsem počkal dokud bude teplota pájecího bodu shodná s teplotou okolí. Po vychladnutí jsem spustil měření zapnutím zdroje a sledováním teploty pájecího bodu na termometru. Naměřené hodnoty jsem zapisoval do předem připravené tabulky, po teplotních krocích patrných z tabulky 4.4 V každém kroku jsem zaznamenal napětí, proud a intenzitu světelného toku. Ztrátový výkon LED byl vypočten podle vzorce (4.2) a naměřené hodnoty intenzity světelného toku jsem přepočtl na relativní hodnoty pomocí vzorce (4.3), který byly použit v podkapitole 4.1.1, ale v tomto případě bez přepočtu na procenta. Teplota PN přechodu byla vypočtena podle vzorce (4.2). Drátový výkonový rezistor na obr. 4.7, byl napájen ze zdroje stejnosměrným napětím 15V a proudem 1,5A. Tento postup jsem zopakoval i pro další měřený vzorek LED typu LA H9GP. Z naměřených hodnot jsem v programu GNU plot sestavil grafy na obr. 4.11 a 4.12, které vyjadřují závislost intenzity světelného toku na teplotě čipu měřených vzorků LED. Tabulka naměřených hodnot pro LED LA H9GP je uvedena v příloze B.



Obr. 4.8: Druhy konstrukčních uspořádání pouzder LED diod společnosti OSRAM s vyznačeným směrem odvodu tepla, zprava řady: TOP LED, GOLDEN DRAGON, OSLON SSL



Obr. 4.9: Ukázka umístění termočlánku na pájecí bod LED LA G6SP v pouzdře PLLC-6

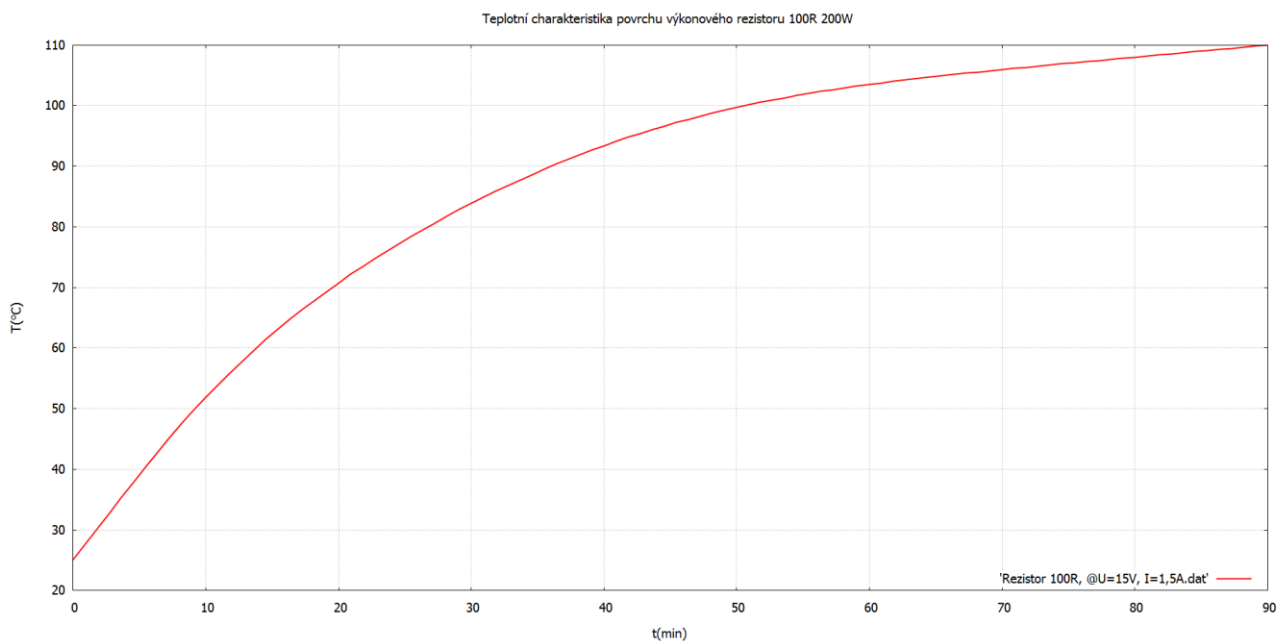
ČM.	T _s	T _j	U _F	I _F	P _D	E	E _{rel}
	[°C]	[°C]	[V]	[mA]	[W]	[lux]	[-]
1.	25	25	2,16	140,7	0,30	3390	1
2.	30	48,23	2,16	140,7	0,30	3380	0,98
3.	35	53,23	2,16	140,7	0,30	3320	0,96
4.	40	57,73	2,10	140,7	0,29	3246	0,93
5.	45	62,73	2,10	140,7	0,29	3140	0,9
6.	50	67,78	2,10	141,1	0,29	3034	0,86
7.	55	72,78	2,10	141,1	0,29	2930	0,83
8.	60	77,78	2,10	141,1	0,29	2820	0,73
9.	65	82,78	2,10	141,1	0,29	2470	0,68
10.	70	87,78	2,10	141,1	0,29	2315	0,65
11.	75	92,78	2,10	141,1	0,29	2213	0,60
12.	80	97,67	2,07	142,3	0,29	2050	0,56
13.	85	102,67	2,07	142,3	0,29	1890	0,51
14.	90	107,67	2,07	142,3	0,29	1730	0,47
15.	95	112,59	2,06	142,3	0,29	1600	0,43
16.	100	117,59	2,06	142,3	0,29	1469	0,4
17.	105	122,61	2,06	142,5	0,29	1340	0,36
18.	110	127,61	2,06	142,5	0,29	1222	0,33

Tab. 4.4: Naměřené a vypočtené hodnoty pro LED LA G6SP

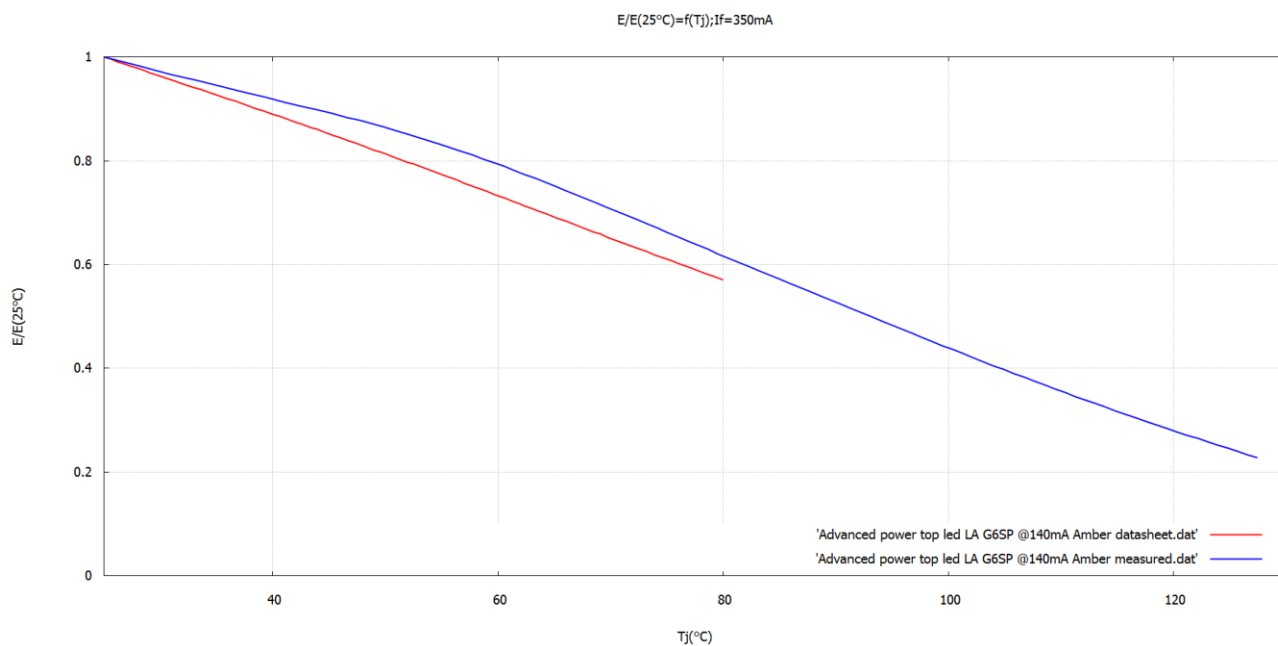
Příklad výpočtu teploty PN přechodu T_j dle vzorce (4.4) a ztrátového výkonu P_D vzorcem (4.2) pro druhý řádek tabulky 4.4, $R_{th\,j-s} = 60\text{K/W}$:

$$T_j = T_s + (R_{th\,j-s} * P_D) = 30 + (60 * 0,303) = 48,23^\circ\text{C} \quad (4.5)$$

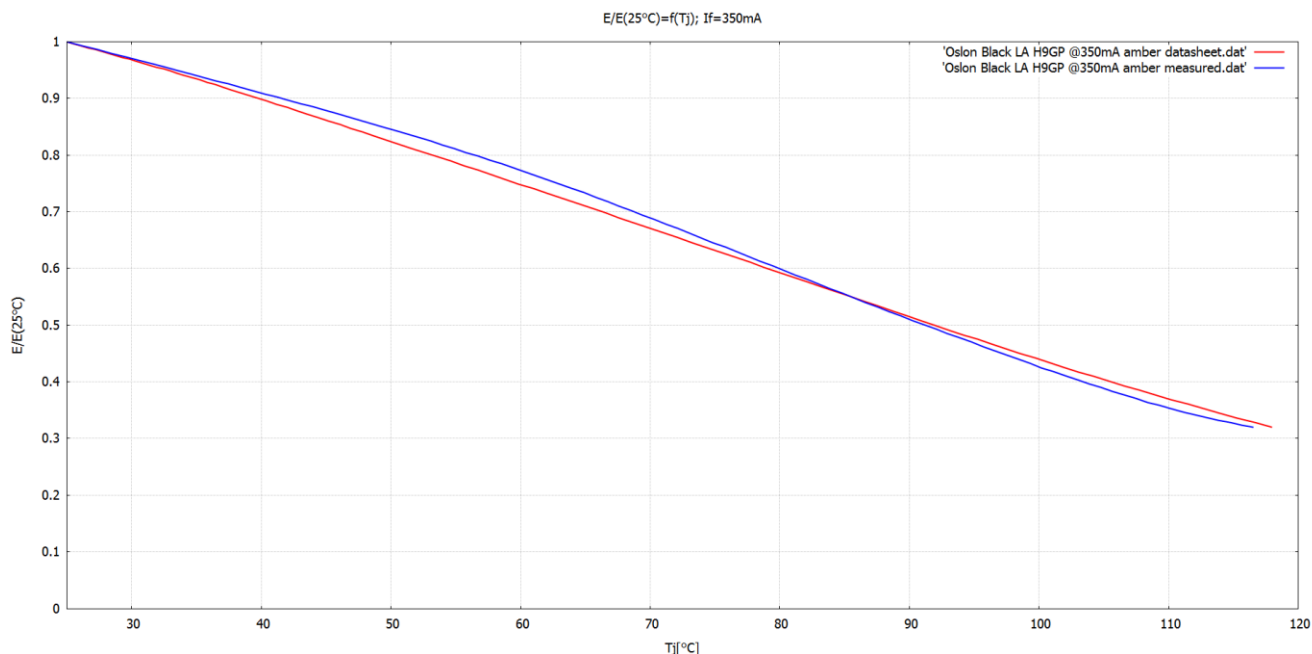
$$P_D = U_F * I_F = 2,16 * 140,7 = 0,303\text{W} \quad (4.6)$$



Obr. 4.10: Teplotní průběh povrchu výkonového rezistoru



Obr. 4.11: Degradace intenzity světelného toku LED OSRAM typu LA G6SP



Obr. 4.12: Degradace intenzity světelného toku LED OSRAM typu LA H9GP

Do grafů naměřených hodnot jsem také vynesl hodnoty vyčtené z katalogových listů proměřovaných typů LED, aby bylo možné srovnat mnou naměřené hodnoty s hodnotami, které udává výrobce. Z grafů na obr. 4.11 a 4.12 je patrné, že u obou proměřovaných vzorků výrazně poklesla intenzita světelného toku. Pro LED typu LA G6SP byl pokles na relativní hodnotu 33% při typickém proudu 140mA, kdy teplota PN přechodu byla 127°C . Katalogový list definuje pokles intenzity světelného toku pouze do teploty 80°C . Při této teplotě čipu LED LA G6SP uvádí výrobce OSRAM relativní pokles světelného výstupu na hodnotu 57% z původní maximální hodnoty, která je vztažena k teplotě čipu 25°C . Při mém měření poklesla hodnota intenzity světelného toku na relativní hodnotu 62% při teplotě čipu 80°C . Největší naměřená odchylka intenzity světelného toku od hodnot, které udává výrobce, byla při teplotě čipu 60°C a to o 8%. Celkově vyšla mnou naměřená charakteristika lépe než ta, kterou uvádí výrobce. To znamená, že při stejných teplotách čipu LED, které jsou uvedeny v katalogovém listu, relativní hodnota světelného toku nepoklesla v takové míře, kterou udává výrobce. Dle katalogového listu je maximální doporučená teplota PN přechodu pro dlouhodobé používání 125°C .

U LED typu LA H9GP jsem naměřil při teplotě PN přechodu $T_j = 117^\circ\text{C}$ a hodnotě propustného proudu 350mA pokles intenzity světelného toku na hodnotu 32%. Hodnota udávaná výrobcem při shodné teplotě čipu LED H9GP je 33%. Tato naměřená charakteristika na obr. 4.12 se téměř shoduje s tím, co pro součástku udává výrobce v rozsahu měřených teplot $25\text{--}120^\circ\text{C}$. Doporučená maximální teplota pro dlouhodobé používání je výrobcem stanovena na 150°C .

Tímto měřením jsem si ověřil, že zvýšená teplota polovodičového čipu LED diod vede ke snížení světelného výkonu a k výraznému zkrácení životnosti LED diod. Udržení provozní teploty LED pod kritickou teplotou je základním předpokladem pro jejich správnou a dlouhodobě bezproblémovou funkci.

4.2. Termografická měření, vyhodnocení teplotních limitů zatěžovaných součástek

První částí tohoto měření bylo určit nejteplejší místa, na zadaných vzorcích DAG_VS20_HSW_SML, při dvou hodnotách napájecího napětí 13.5V a 17V za pomoci termo kamery Flir T400. Nejprve jsem byl proškolen pro práci s termokamerou a jejím ovládáním.

Všechny objekty jejichž teplota je vyšší než absolutní nula vyzařují elektromagnetické záření v určité části spektra. Příčinou tohoto záření je termický pohyb atomárních a subatomárních částic. Část tepelné energie látek se neustále přeměňuje v energii, vysílanou ve formě elektromagnetického záření. Protože vysílané záření závisí všeobecně svou intenzitou i jinými vlastnostmi na teplotě zářiče, označujeme ho názvem teplotní záření a příslušný děj nazýváme teplotní vyzařování. Při bezdotykovém měření se teplota vyhodnocuje na základě změřené intenzity vyzařování daného objektu. Záření je optickým systémem soustředěno na detektor, jehož elektrický signál je zpracován v elektronických obvodech.

Termokamery měří infračervené záření vystupující z měřeného objektu. Infračervená oblast elektromagnetického záření zahrnuje vlnové délky delší než pro viditelné světlo až po oblast mikrovln. Infračervená oblast je často rozdělována do tří menších oblastí, z nichž nejkratší vlnové délky 0,75 – 3 μm tvoří blízkou infračervenou oblast, interval vlnových délek 3 - 6 μm střední oblast, 6-100 μm dalekou infračervenou oblast. Spektrum infračervených vlnových délek se dále dělí na několik podspekter. Pro bezdotykové měření teploty se využívá oblast vlnových délek od 25 μm do 0,4 μm .



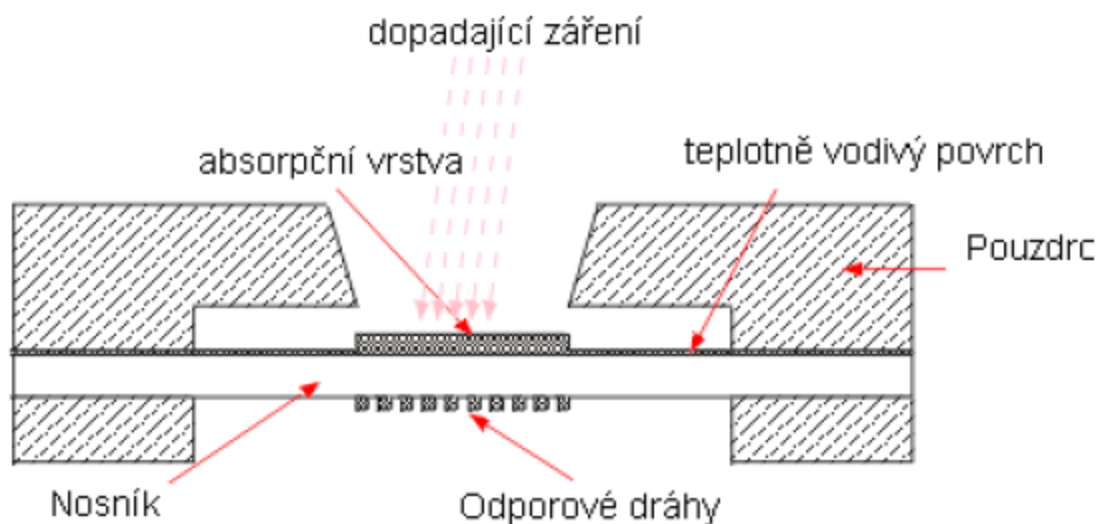
Obr. 4.13: Termokamera FLIR T400

Termografie je metoda bezkontaktního měření povrchové teploty sledovaného objektu. Skutečnost, že záření přímo závisí na povrchové teplotě objektu (popisuje to Planckův vyzařovací zákon, Wienův posunovací zákon, Stefan-Boltzmanův zákon), umožňuje kamerě tuto teplotu vypočítat a zobrazit. Radiaci detekovanou kamerou ovlivňuje mimo jiné emisivita tělesa, radiace odražená od sledovaného objektu. Vyzařování těles je možno popsat Stefan – Boltzmannovým zákonem (4.5) ve tvaru:

$$W = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4 \quad (4.7)$$

kde W je intenzita vyzařování [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$], ε je emisivita, σ je Stefanova – Boltzmannova konstanta a T je termodynamická teplota. Emisivita je definována jako poměr energie vyzařované objektem při jeho dané teplotě k energii vyzařované černým tělesem při stejné teplotě. Emisivita černého tělesa je rovna jedné. Černé těleso je definováno jako objekt, který absorbuje veškeré záření, které na něj dopadá, bez ohledu na vlnovou délku. Skutečná situace a měření je mnohem komplikovanější, protože infračervené záření vyzařované tělesem, kromě jeho teploty, závisí také na jeho emisivitě. Dále záření vzniká rovněž na okolních materiálech a je zkoumaným tělesem odráženo. Záření emitované tělesem a odražené záření může být navíc zeslabeno absorpcí ve vzduchu mezi objektem a kamerou. Stupeň absorpce pak silně závisí na vlhkosti vzduchu. Tyto vlivy tvoří soubor parametrů, které lze kvantifikovat zavedením příslušných korekčních koeficientů, a které je třeba před měřením zvolit.[4]

Emisivita tělesa je jak se ukazuje nejdůležitější parametr, jehož volba ovlivňuje správnost výsledků při termovizních měřeních. Emisivita se dá zjistit následujícím způsobem. Zahřejeme měřený objekt na konstantní teplotu, tuto teplotu změříme pomocí termočlánku a nastavujeme emisivitu na termokameře, dokud se zobrazovaná teplota shoduje s teplotou naměřenou termočlánkem.



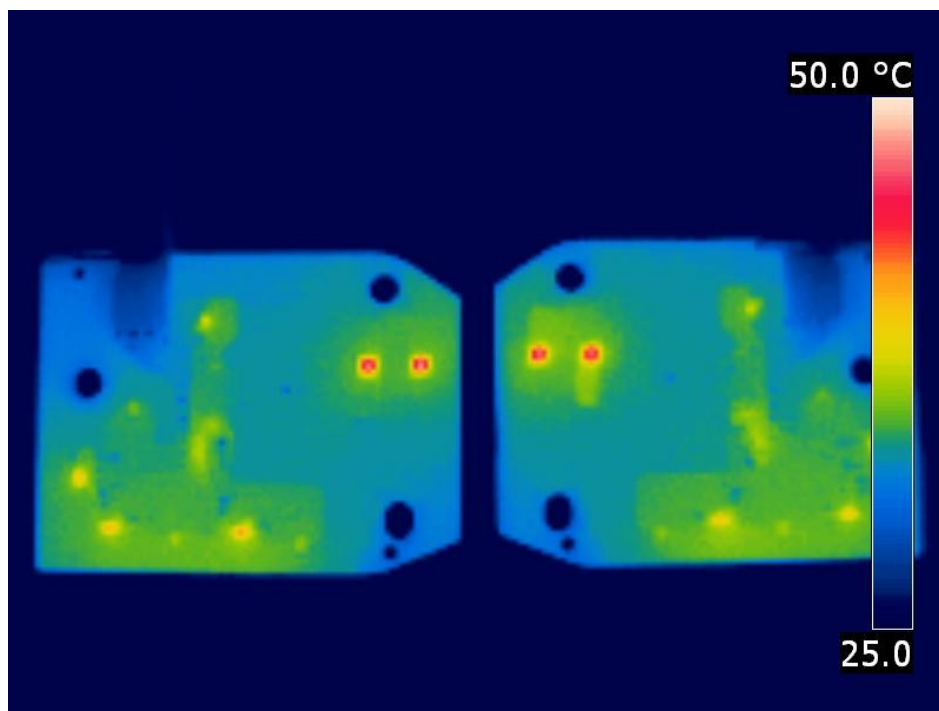
Obr. 4.14: Struktura bolometru

K detekování infračerveného záření slouží detektor. Termokamera FLIR T400 používá k detekci mikrobolometrický detektor. Bolometry (z řeckého bole: paprsek) jsou senzory pro bezdotykové měření teploty pracující na principu pyrometrie, tzn. měření celkového vyzářeného tepelného výkonu prostřednictvím infračerveného záření. Častěji se však bolometry vyskytují v podobě integrovaných obvodů obsahující uspořádání několika desítek, stovek nebo i tisíců bolometrů do matice, obecně

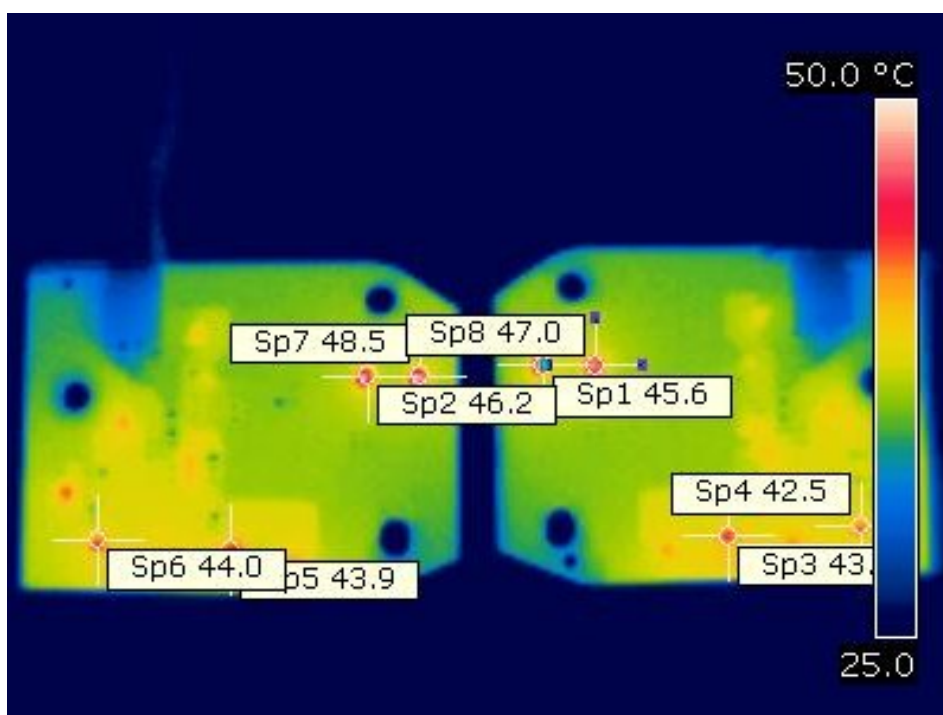
označované jako mikrobolometry . Elektrický odpor bolometru se mění v závislosti na jeho teplotě, která však závisí na množství absorbovaného dopadajícího infračerveného záření. Množství dopadajícího záření je určeno ze změn odporu bolometru. Aby však byla změna teploty bolometru úměrná pouze absorbovanému infračervenému záření, musí být vlastní bolometr tepelně izolován od svého okolí.[5]

Popis termokamery FLIR T400. Tato přenosná termovizní kamera je vybavena nechlazeným maticovým mikrobolometrickým detektorem s rozlišením 320x240 bodů. Kamera využívá spektrální rozsah 7,5 až 13 μm , pracuje s teplotním rozsahem -20 až 1200°C, s citlivostí 0,06°C a přesností $\pm 2^\circ\text{C}$. Vestavěná optika pracuje se zorným polem 25°x19° s minimální ohniskovou vzdáleností 40cm, s rozlišením 1,36mrad. Zaostřování je možné jak ruční tak i automatické. Akumulátorové napájení zajišťuje provoz po dobu 4h. Součástí kamery je dotykový LCD displej o velikosti 3,5 palce. Vestavěná digitální videokamera s rozlišením 1,3Mpix umožňuje automatické prolínání termovizního obrazu spolu s video obrazem přímo v kameře, což usnadňuje práci při vyhledávání měřených závad. Termokamera má vestavěné menu v českém jazyce. Na paměťovou kartu SD o kapacitě 1 GB je možno uložit až 1000 snímků. Výsledné termogramy jsou ve formátu JPEG, zahrnující 14 bitová data.[6] Snímky vytvořené termokamerou se vyhodnocují v programu FLIR Quick Report. Termogramy se v počítači nahrají do složky a po té se otevrou programem FLIR Quick Report. Tento program umožňuje nastavení barevné palety barev, vyhodnocování teplot na kterémkoliv místě termosnímku a přidávání poznámek k vyznačeným teplotním bodům.

Po nastudování teorie potřebné k měření jsem obdržel vzorky SML modulů, které jsem měl proměřit. Nejprve jsem oba tyto vzorky opatřil černým matným nátěrem pro zvýšení emisivity, a také pro eliminaci odraženého záření a celkové zpřesnění termografického měření. Před zahájením samotného měření bylo potřeba sestavit měřicí pracoviště. Začal jsem upevněním vzorků do stojanů ve vertikální poloze. Při měření se vzorky musejí nacházet v takové poloze, ve které se nacházejí namontované na automobilu. Rozložení teploty na PCB se v horizontálním a vertikálním směru od sebe liší. Dále jsem připojil přívodní kabely k napájecímu zdroji. Po spuštění bylo napětí na napájecím zdroji nastaveno na 13,5V. Před vytvořením snímku jsem počkal 30 minut. Za tuto dobu se teplotní poměry na vzorcích ustálily. Před vytvořením snímků bylo také potřeba počkat, dokud se termokamera zkalibrovala. Kalibraci signalizovalo hlasité klapání, toto trvalo pět minut. Nyní jsem vytvořil snímky obou vzorků nejprve z horní strany – strany součástek a po té ze spodní strany. Tento postup jsem zopakoval i pro napětí 17V. Protože na zadní straně PCB nejsou žádné elektronické součástky, uvádím zde pouze strany přední na obr. 4.15 a 4.16, které jsou důležité pro tento zadaný úkol.



Obr. 4.15: SML LED moduly, napájecí napětí 13.5V, přední strana



Obr. 4.16: SML LED moduly, napájecí napětí 17V, přední strana

Pro zobrazení snímků jsem využil zmiňovaný program Flir Quick Report. V programu jsem určil pomocí barevné palety nejteplejší místa. Na obrázcích 4.15 a 4.16 jsou zobrazeny termografické snímky, na kterých jsou patrné nejteplejší místa, dle barevné palety typu IRON se zobrazenou teplotní stupnicí. Červené a červenobílé tečky jsou součástky, které se při provozu produkují nejvíce tepla. Všechny součástky, které byly vyhodnoceny jako nejkritičtější místa, byly identifikovány podle schématu PCB, viz. Příloha C, a zapsány do tabulky 4.5.

Nejteplejší místa - součástky
LED Power Domi D3,D4
Tranzistory BC 846
Rezistory R4

Tab. 4.5: Seznam součástek s nejvyšší naměřenou teplotou

Další fáze probíhala následovně. Vzorky s vyhodnocením nejteplejších míst byly předány kolegů z měřicího a testovacího oddělení. Tito rozmístili na pájecí body součástek s nejvyšší naměřenou teplotou termočlánky. V této fázi se zkoumá, zda teploty součástek nepřekračují teplotní limity stanovené výrobcem při vystavení měřeného vzorku okolní teplotě 100°C. Testování probíhá v klimatické komoře, která umožňuje nastavení téměř libovolných mikroklimatických podmínek, tzn. teploty, relativní vlhkosti vzduchu, proudění vzduchu. Plánovači kvality bylo specifikováno otestovat zadané vzorky při okolní teplotě 100°C na hodnotách napájecího napětí 13,5V a 17V. Po otestování jsem obdržel tabulku s naměřenými hodnotami teplot na jednotlivých součástkách, viz. tabulka 4.7. Poslední fází bylo zkontrolovat, zda naměřené teploty na pájecích bodech součástek splňovaly kritéria zadané výrobcem. Postup byl následující. Nejprve jsem vyhledal katalogové listy k příslušným součástkám a dohledal parametr maximální teplota přechodu $T_{j\max}$, tepelný odpor $R_{th\ j-s}$, parametry potřebné pro výpočet vyčtené z katalogového listu jsou uvedeny v tabulce 4.6. Pro výpočet jsem opět využil vzorce (4.4), který jsem použil v části 4.2, ze kterého jsem vyjádřil teplotu pájecího bodu $T_{s\max}$.

Součástka	$T_{j\max}$	$R_{th\ j-s}$	$U_{F(CE)}$	$I_{F(C)}$
	[°C]	[K/W]	[V]	[mA]
Power DomiLED	125	125	2,5	50
Tranzistor BC 846	150	150	3	50
SMD rezistor 1kΩ	155	155	2	50

Tab. 4.6: Hodnoty potřebné pro výpočet maximální teploty pájecího bodu

a) LED Power Domi D3,D4

$$T_{s\max} = T_{j\max} - R_{th\,j-s} * U_F * I_F = 125 - 130 * 2,5 * 0,05 = 109^{\circ}C \quad (4.8)$$

b) Tranzistor BC 846

$$T_{s\max} = T_{j\max} - R_{th\,j-s} * U_{CE} * I_C = 150 - 200 * 2 * 0,05 = 130^{\circ}C \quad (4.9)$$

c) Rezistor R4

$$T_{s\max} = T_{j\max} - R_{th\,j-s} * U_F * I_F = 155 - 220 * 3 * 0,05 = 122^{\circ}C \quad (4.10)$$

Součástka	Naměřená teplota $T_{s\max}$	Vypočtená teplota $T_{s\max}$	Vyhodnocení
	[°C]	[°C]	
LED D3, D4	108,9	109	ok
Tranzistor BC 846	115,3	122	ok
Rezistor R4	115,6	130	ok

Tab. 4.7: Srovnávací tabulka naměřených a vypočtených hodnot

V tomto zadání jsem pomocí termokamery určil nejteplejší místa na zadaných vzorcích SML svítidel. Dále jsem nechal připevnit termočlánky a umístil do klimakomory, ve které byly testovány při okolní teplotě 100°C dle zadání. Naměřené teploty pájecích bodů, na kterých byly umístěny termočlánky, byly pro všechny vyhodnocované součástky menší než maximální vypočtená teplota pájecího bodu viz. tabulka 4.7. Z naměřených a vypočtených hodnot vyplývá, že vzorky splnily požadavky na teplotní namáhání součástek a použitá struktura rozmístění součástek je vhodná pro toto obvodové uspořádání. Tímto jsem splnil zadání tohoto úkolu.

4.3. Monitorovací systém pro sledování intenzity světelného toku LED při EMC testech

V tomto úkolu jsem byl pověřen sestavením monitorovacího zařízení k sledování změn intenzity světelného toku LED k testování EMC pomocí přípravku SGLux multiboard a tuto sestavu otestovat na vzorku PCB Opel 4403 Junior C. Současně budu světelný výstup měřit luxmetrem DT – 8809A. Závěrem porovnáím naměřené hodnoty obou zařízení.

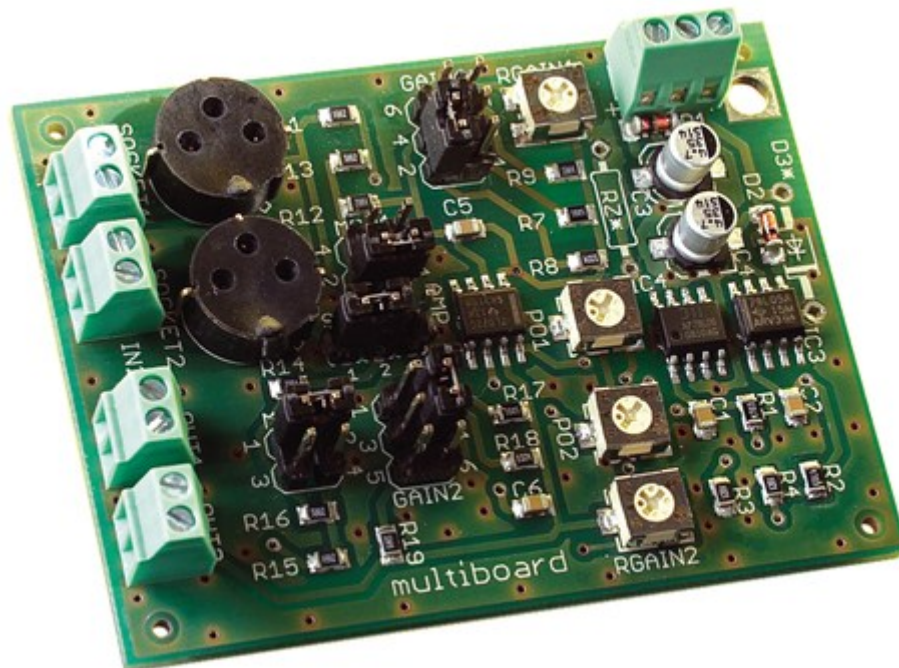
Při vývoji LED modulů pro osvětlovací techniku se navrhovaná zařízení testují na elektromagnetickou kompatibilitu dle specifikací automobilek, pro které je zařízení vyvíjeno. Elektromagnetická kompatibilita EMC je definována jako schopnost zařízení systému či přístroje vykazovat správnou činnost i v prostředí v němž působí jiné zdroje elektromagnetických signálů a naopak svou vlastní elektromagnetickou činností nepřipustně ovlivňovat své okolí, tzn. Nevyzařovat signály, jež by byly rušivé pro jiná zařízení.

Elektrické komponenty v automobilu pracují v kmitočtovém rozsahu od nuly do několika desítek GHz s výkonovými úrovněmi od jednotek mW do několika desítek W. Délka kabeláže současného automobilu je více než 2500m. Počet elektrických kontaktů dosahuje několika tisíc. Díky instalovaným anténám je vozidlo vystaveno vlivu mnoha vnějších elektromagnetických signálů. V tomto případě je pravděpodobnost vzájemného rušení velmi vysoká a do popředí vystupuje nutnost zajistit dostatečnou úroveň EMC kompatibility. Narušení správné funkce elektrických a elektronických komponent automobilu může vést i k jeho havárii a tím ohrožení lidských životů. Bezpečnost provozu vozidla musí být přitom zajištěna ve všech lokalitách a situacích, do níž se vozidlo při svém pohybu může dostat. Při posuzování elektromagnetické kompatibility vozidel musíme vždy uvážit jak EMC vozidla jako celku včetně nutných pevně zabudovaných elektrických pohonných ovládacích případně řídicích komponent, tak i EMC komponent a subsystémů určených pro volitelné zabudování do vozidla. Pro první kategorii se používá zkratka WV (Whole Vehicle), pro druhou kategorii ESA (Electronic Sub-Assembly). Různé druhy mezinárodních technických norem se pak týkají buď pouze jedné z těchto oblastí, nebo obou. Všechny realizované testy EMC lze rozdělit do následujících skupin[8]:

- Testy rušivého vyzařování (radiated emissions)
- Testy rušivých signálů na vedení (conducted emissions)
- Testy odolnosti vůči elektromagnetickým polím (radiated immunity)
- Testy odolnosti vůči rušivým signálům na vedení (conducted immunity)

Součástí práce inženýrů z oddělení elektroniky během vývoje osvětlovacích modulů jsou testy EMC. Tyto testy se provádějí v externí laboratoři ve Vyškově. Při vystavování vzorků zkušebním signálům pro zkoušky elektromagnetické odolnosti je třeba monitorovat změny světelné intenzity vyvíjených zařízení. Tyto změny jsou povoleny v rozsahu $\pm 30\%$ od ustálené hodnoty jednotlivých LED. Luxmetr DT 8809A není vhodný pro všechny typy EMC zkoušek zejména na zkoušky odolnosti vůči elektromagnetickým polím, kdy je detektor a kabeláž umístěna v těsné blízkosti testovacího vzorku. Z tohoto důvodu bylo potřeba sestavit systém pro použití pro všechny typy EMC testování

jedním zařízením. Z tohoto důvodu byl na oddělení pořízen přípravek SGLux multiboard viz obr. 4.17. Intenzita světelného toku byla snímána optickým kabelem o délce pět metrů, na který nepůsobí testovací EMC signály a tento kabel byl nasměrován na fotodiodu. Snímaný světelný tok dopadá na PN přechod fotodiody a ta generuje fotoproud přímo úměrný intenzitě osvětlení. Tento velmi malý fotoproud vystupující z fotodiody v rozsahu pA až po mA nelze změřit běžně používanými multimetry. Z předchozího vyplývá potřeba zesilovače, který tento malý proud převede na napětí a toto napětí zesílí. Fotoproud lze převést na napětí pomocí transimpedančního zesilovače.

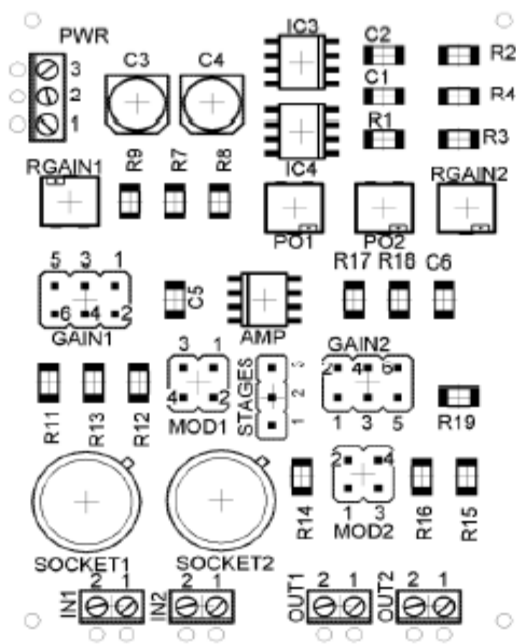


Obr. 4.17: Přípravek SGLUX MULTIBOARD

SGLux multiboard se skládá ze dvou nezávislých zesilovacích kanálů s nastavitelným zesílením. Tento přípravek lze provozovat jako napěťový zesilovač, transimpedanční převodník a také jako dvoustupňový zesilovač. Poskytuje zesílení proudu v rozsahu 10^5 - 10^7 V/A, napěťové zesílení v rozsahu od 2 do 1000V/V v jednostupňovém zapojení. K individuálnímu nastavení zesílení slouží potenciometry k nastavení zesílení v rozsahu 10^4 V/A až 10^6 V/A. V dvoustupňovém zapojení dosahuje zesílení hodnot 10^{10} V/A a 10^5 V/V. Rozsah maximálního výstupního napětí je ± 4 V a tato skutečnost musí být uvažována při výpočtu zesílení pro uvažované zapojení. Přípravek je napájen symetrickým napájením v rozsahu ± 9 až ± 24 V. Fotodiody se připojují buď přímo do patice a nebo externě připojením přes šroubové svorky.

Před zapojením modulu SGLux do měřicího obvodu jej bylo potřeba nastavit tak, aby splňoval požadavky pro toto měření. Pokyny pro uvedení do provozu jsou uvedeny v uživatelské příručce výrobku. Následující konfigurace se bude vztahovat k obr. 4.18., který znázorňuje konstrukční uspořádání součástek modulu SGLux. Při tomto měření jsem využil pouze jeden zesilovací kanál

tohoto zařízení, a proto jsem nastavil modul do stavu dvou nezávislých zesilovacích kanálů propojkou v části STAGES na piny 1-2 podle konfigurační tabulky 4.8.



Obr. 4.18: Rozložení součástek modulu SGLux multiboard

STAGES	FUNCTION
1-2	two independent amplifier channels
2-3	single two-stage amplifier; note: channel two must be configured as voltage amplifier by setting MOD25 in any position but 1-2

Tab. 4.8: Konfigurační tabulka pro nastavení kanálů

Protože jsem pro toto měření využil zapojení transimpedančního převodníku, nastavil jsem propojku (JUMPER) v sekci MOD1 na piny 1-2, dle konfigurační tabulky 4.9.

MODx	FUNCTION
1-2	transimpedance amplifier
1-3	voltage amplifier pre-gain 10
3-4	voltage amplifier pre-gain 5
Open	voltage amplifier pre-gain 2

Tab. 4.9: Konfigurační tabulka pro nastavení režimu zesilovače

Další volba se týkala nastavení hodnoty zesílení detekovaného signálu. Při měření byl proud fotodiody I_p převeden na napětí rezistorem R ve zpětné vazbě, který také určuje hodnotu výsledného zesílení v zapojení transimpedančního převodníku. Napětí na výstupu OZ, U_{out} se vypočte dle vztahu (4.11).

$$U_{OUT} = I_p * R \quad (4.11)$$

Z katalogového listu fotodiody FSH250 jsem vyčetl maximální proud fotodiody, který se udává pro vlnovou délku $\lambda = 600\text{nm}$ o velikosti $I_p = 4\mu\text{A}$. Dále je nutné zohlednit maximální napětí na výstupu OZ, které je přibližně 4V. Z předchozího vyplývá potřebné zesílení 10^6 V/A , respektive velikost zpětnovazebního odporu $R = 10\text{M}\Omega$. Zesílení pro kanál 1 se na přípravku SGLux nastavuje v sekci GAIN1 propojením pinů 2-4 dle konfigurační tabulky 4.10. Po nakonfigurování modulu jsem připojil na výstup kanálu jedna voltmetr do šroubových svorek pod označením OUT1 dle tabulky 4.11, která definuje vstupy výstupy a popisuje význam jednotlivých pinů. Přípravek byl napájen ze symetrického zdroje a připojení napájecích kabelů proběhlo podle instrukcí v tabulce 4.11 pod názvem PWR.

GAINx	transimpedance gain [V/A]	voltage gain (multiply by voltage pre-gain to get total voltage gain) [V/V]
1-3	10^7	100
2-4	10^6	10
3-5	10^9	1
4-6	adjustable by potentiometer RGAINx in range $10^4 \dots 10^6$	0,1 ... 10

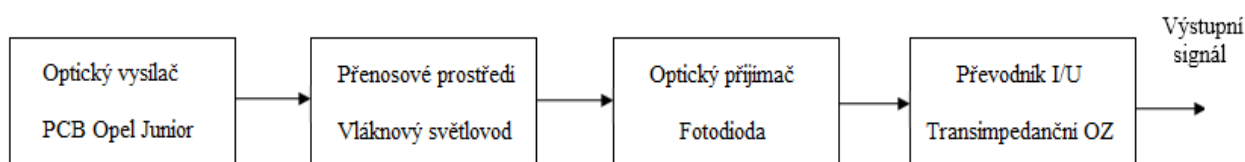
Tab. 4.10: Konfigurační tabulka pro nastavení zesílení

	Pin 1	Pin 2	Pin 3
PWR	+8V ... +24V	GND	-8V ... -24V
IN1	input terminal channel 1	GND	
SOCKET1	input socket channel 1	GND	GND
OUT1	output terminal channel 1	GND	
PO1	offset compensation channel 2		
IN2	input terminal channel 2	GND	
SOCKET2	input socket channel 2	GND	GND
OUT2	output terminal channel 2	GND	
PO2	offset compensation channel 7		

Tab. 4.11: Konfigurační tabulka popisující význam jednotlivých vstupně/výstupních pinů

Dále bylo nutné provést kompenzaci vstupní napětíové nesymetrie OZ, která se kompenzuje potenciometrem PO1 na hodnotu výstupního napětí menší než 1mV, při připojeném napájecím napětí v mém případě $U_{CC} = \pm 15\text{V}$. Posledním úkonem týkajícím se připravení modulu SGLux multiboard k měření bylo připojení fotodiody na vstup OZ do šroubovatelných svorek s označením IN1 tak, že anoda byla připojena na pin 1 a katoda na pin 2. K detekci signálu z proměřovaného vzorku byla použita fotodioda SFH 250 od společnosti Avago. Fotodioda je plošná polovodičová součástka

konstrukčně upravená tak, aby do oblasti PN přechodu pronikalo světlo. Při neosvětleném PN přechodu se fotodioda chová jako běžná dioda. Při osvětlení PN přechodu dochází k lineárnímu růstu anodového proudu při rovnoměrném zvětšování osvětlení. Závislost proudu fotodiody na intenzitě osvětlení je tedy lineární. Tato fotodioda je určena k přenosu jednoduchých optických signálů s kombinací s polymerovým optickým vláknem při vlnových délkách se spektrálním rozsahem $\lambda_s = 400 - 1100 \text{ nm}$ s maximální citlivostí na vlnových délkách $\lambda_{Smax} = 850 \text{ nm}$. Proměřovaný vzorek Opel Junior je osazen červenými LED, které emitují světelný tok o vlnových délkách $\lambda = 620 \text{ nm}$. Dle katalogového listu je citlivost fotodiody na okolní záření o těchto vlnových délkách 65% což je pro toto měření vyhovující. Přípravek SGLux multiboard byl společně s fotodiodou umístěn v plastovém boxu. V ose ke směru příjmu světelného záření čipem fotodiody byla do boxu umístěna patice pro nacvaknutí optického kabelu. Přenosové vedení bylo realizováno polymerovým optickým kabelem (POF) a to díky jeho téměř absolutní imunitě vůči elektromagnetickým interferencím. POF je optické vlákno, které je zhotoveno z polymerního materiálu. Většinou se jako hlavní materiál pro jádro používá PMMA(akryl) a jako materiál pro obložení jádra se volí polymery fluoru. Tento kabel se používá pro přenosy viditelného záření na krátké vzdálenosti do 100m. Polymerový optický kabel byl vhodný pro toto měření také díky své struktuře s průměrem jádra 1mm, vysoké numerické aparatuře což umožňuje vést velký počet vidů (světelných paprsků). Důležitým parametrem kabelu byla také spektrální útlumová charakteristika, která definuje útlum přenosové trasy pro jednotlivé vlnové délky přenášeného světelného signálu v decibelech na metr. Použitý optický kabel je určen přímo pro přenášení světelného toku červeně emitujících diod. Jeho přenosové vlastnosti jsou nejlepší pro světelné signály ve vlnovém spektru od 500 do 600 nm, kdy má definovaný útlum hodnotu -0,17 dB/m. Díky těmto vlastnostem bylo navázání světelného toku velice jednoduché a nevyžadovalo hluboké znalosti o optických kabelech. Délka použitého kabelu byla 6m. Na jedné straně byl použit konektor, který byl připojen do patice plastového boxu k fotodiodě a na straně druhé jsem kabel připevnil v měřicí komoře společně s detektorem luxmetru DT 8809A. Blokové schéma detekce světelného signálu je na obrázku 4.19.



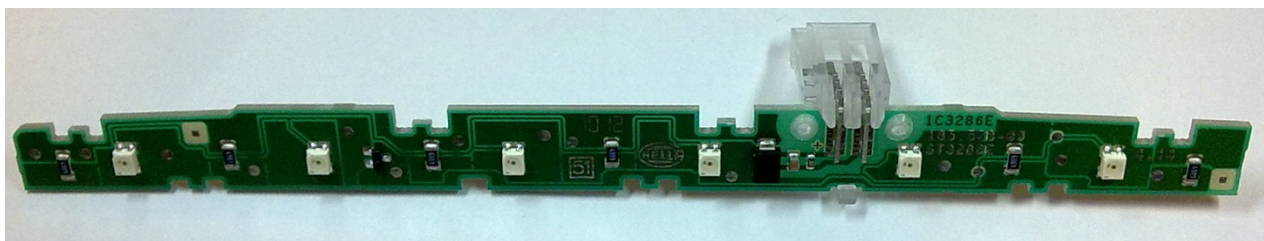
Obr. 4.19: Blokové schéma měřicí sestavy

Po sestavení a nastavení měřicí sestavy následovalo vlastní měření. Nejprve jsem uvedl do provozu měřicí přístroje a to voltmetr, luxmetr a nastavil vhodné měřicí rozsahy. Dalším krokem bylo připojení modulu SGLux multiboard na napájecí napětí $U_{CC} = \pm 15 \text{ V}$. Proudů tekoucí proměřovaným vzorkem Opel Junior byly nastaveny předřadnými odpory. Proměřovaný vzorek jsem připojil ke zdroji stejnosměrného napětí a zvyšoval napětí po 1V od 0V do 17V. Postupným zvyšováním stejnosměrného

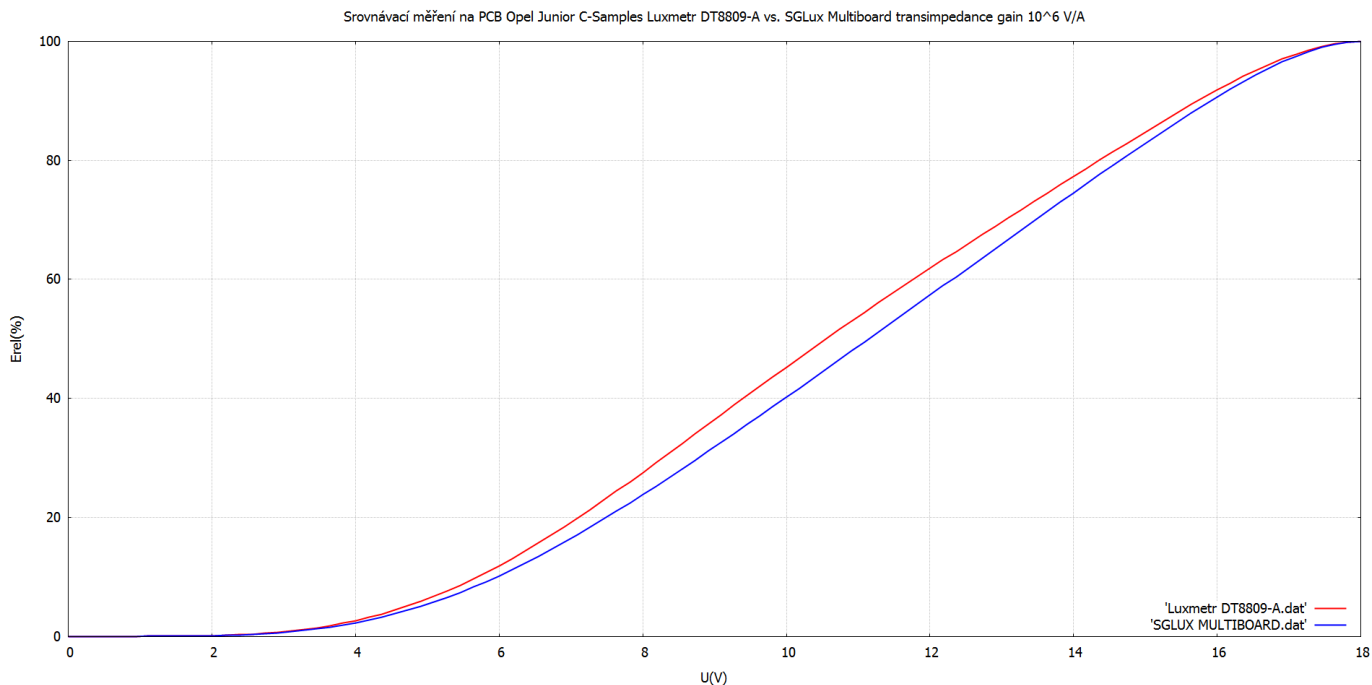
napětí se zvyšovala hodnota světelného toku. Při každém zvětšení napájecího napětí vzorku, jsem sledované hodnoty na luxmetru a voltmetru zapsal do tabulky až po té, kdy se ustálila hodnota světelného výstupu LED. Naměřené hodnoty jsem zapisoval do předem připravené tabulky v programu excel. Naměřené hodnoty tab. 4.12 intenzity osvětlení a napětí jsem přepočítal na relativní hodnoty, aby se daly tyto naměřené hodnoty mezi sebou porovnávat. Z relativních hodnot jsem sestrojil graf v programu GNUplot. Graf naměřených hodnot je zobrazen na obr. 4.21.

ČM.	U_{CC}	U_{OUT}	$U_{OUT(rel)}$	E	$E_{(rel)}$
	[V]	[V]	[%]	[lux]	[%]
1.	0	0,00	0,00	0,00	0,00
2.	1	0,00	0,00	0,00	0,00
3.	2	0,00	0,00	0,00	0,00
4.	3	0,00	0,00	0,00	0,00
5.	4	0,00	0,00	0,00	0,00
6.	5	0,03	0,00	31	0,59
7.	6	0,23	0,00	363	6,89
8.	7	0,55	13,79	851	16,15
9.	8	0,92	23,07	1432	27,17
10.	9	1,25	31,41	1945	36,91
11.	10	1,61	40,38	2486	47,17
12.	11	1,96	49,22	3010	57,12
13.	12	2,25	56,53	3190	60,53
14.	13	2,61	65,58	3660	69,45
15.	14	3,00	75,38	4060	77,04
16.	15	3,32	83,42	4510	85,58
17.	16	3,65	91,71	4910	93,17
18.	17	3,98	96,85	5132	97,95
19.	18	3,98	100	5270	100,0

Tab. 4.12: Tabulka a vypočtených naměřených hodnot



Obr. 4.20: Proměřovaný vzorek Opel Junior 4403C



Obr. 4.21: Srovnávací měření na modulu Opel Junior

Z grafu je vidět, že intenzita osvětlení naměřená měřicím obvodem s přípravkem SGLux multiboard se při tomto nastavení s tímto proměřovaným vzorkem od naměřených hodnot pomocí luxmetru DT8809A nejvíce liší při napětí 10V a to o 6%. Luxmetr DT8809A byl nastaven na měřicím rozsahu 0 - 40 000lux s přesností 5%. Se zvyšujícím se napětím na proměřovaném vzorku se zvyšoval i proud tekoucí LED diodami. Závislost intenzity světelného toku na zvyšujícím se proudu protékajícím LED je obecně lineární. Naměřená křivka pomocí přípravku SGLux multiboard je také téměř lineární v intervalu napětí <8;16> voltu, z čehož usuzuji, že naměřené hodnoty pomocí tohoto měřicího obvodu byly naměřeny s větší přesností než ty, které byly naměřeny pomocí digitálního luxmetru. Z naměřených hodnot vyplývá, že toto zapojení je vhodné pro monitorování intenzity světelného toku.

5. Uplatněné teoretické a praktické znalosti při odborné praxi získané v průběhu studia

Při vykonávání individuální odborné praxe jsem se setkal s mnoha oblastmi elektrotechniky, kde jsem využil znalostí a dovedností nabytých studiem na VŠB-TU v Ostravě. Mezi uplatněné znalosti z absolvovaných předmětů patřilo počáteční školení o Bezpečnosti v elektronice v prvním ročníku studia, kde jsem byl seznámen s předpisy pro činnost na elektrických zařízeních respektive provádění měření v laboratorích fakulty FEI. V prvním ročníku jsem také absolvoval předmět Základy použití počítačů, kde byla vyučována práce v textovém editoru MS WORD, ve kterém jsem psal tuto práci a také tabulkový editor MS EXCEL, ve kterém jsem zpracovával naměřené výsledky ve formě přehledných tabulek. Posledním uplatněným předmětem z prvního ročníku byl předmět Elektrická měření, který mě naučil používat měřicí přístroje a metody měření elektrických veličin a protože práce na vývojovém oddělení obsahuje každodenní práci s těmito zařízeními, absolvování tohoto předmětu bylo užitečné. Dalšími uplatněnými znalostmi byly znalosti z předmětu Elektronika z druhého ročníku. Tento předmět mě seznámil s principem činnosti elektronických součástek zejména polovodičových diod, kterými se zabývám v této práci. Ve druhém ročníku jsem také absolvoval předmět Výkonové spínací prvky, kde jsem se seznámil s výkonovými polovodičovými součástkami. V současné době se do výkonových polovodičových součástek řadí i elektroluminescenční diody. Využil jsem poznatků z tohoto předmětu pro výpočet přestupu tepla skrze polovodičovou součástku pomocí teplotního modelu prostupu tepla pouzdem polovodiče do okolí. Třetí ročník mě uvedl do základů předmětu Principy zařízení komerční elektroniky, kde jsme probírali elektromagnetickou kompatibilitu elektrických zařízení. S touto problematikou jsem se okrajově setkal při sestavování monitorovacího systému pro měření intenzity světelného toku LED ve čtvrté kapitole této práce. V poslední řadě chci zmínit předmět Základy konstrukčních technologií v elektronice, rovněž ze třetího ročníku bakalářského studia, kde jsem obdržel praktické dovednosti při návrhu a osazování SMT součástek na DPS. Tyto znalosti jsem uplatnil v průběhu odborné praxe při osazování modulů pro automobilovou osvětlovací techniku SMT součástkami pomocí mikropájky.

6. Teoretické a praktické znalosti a dovednosti scházející v průběhu vykonávání odborné praxe

Velkým nedostatkem při působení na odborné praxi pro mě byla jazyková vybavenost. Protože se jednalo o mezinárodní společnost se sídlem v Německu velká část interní komunikace zaměstnanců vývojových oddělení probíhala v anglickém či německém jazyce. Rovněž uživatelské manuály, katalogové listy součástek byly v cizím jazyce. Anglický jazyk mi nečinil velký problém, protože jej studuji od základní školy. Problém nastal v době, kdy jsem obdržel dokumenty v německém jazyce, který jsem nikdy nestudoval a nemám ani ty nejmenší základy. V tomto ohledu jsem cítil nedostatky, které jsou dle mého názoru způsobeny nedostatečným důrazem na kvalitu výuky cizích jazyků pro české studenty technických vysokých škol. Dalším nedostatkem byla pouze základní znalost parametrů LED diod, kterou jsem prohloubil v průběhu odborné praxe.

7. Závěr

7.1. Dosažené výsledky v průběhu odborné praxe

Během mého působení ve společnosti Hella Autotechnik v Mohelnici, jsem se setkal s různými druhy úkolů. Úkoly byly menšího i rozsáhlejšího charakteru. Mezi ty menší bych zařadil pájení SMT součástek, výroba kabeláže, inventura součástek, ověřování funkčnosti modulů, polepování vzorků a jiné. Rozsáhlejší úkoly popisuji v této bakalářské práci, a to měření degradace intenzity světelného toku LED, termografická měření a také ověřování funkčnosti zapojení monitorovacího systému pro EMC testy. Tyto a další provedené úkoly jsou mnou dosažené výsledky po dobu absolvování individuální odborné praxe.

7.2. Celkové zhodnocení

Absolvováním odborné praxe jsem dostal příležitost pohybovat se v odborném prostředí kolektivu absolventů vysokých škol působících v mezinárodní společnosti takového formátu, jako je Hella Autotechnik. To mi přineslo velké množství teoretických znalostí a praktických dovedností, se kterými bych při denním studiu na fakultě FEI nepřišel do styku. Získal jsem přístup k nejnovějším aplikacím osvětlovacího automobilového průmyslu, používaným metodám při vývoji a také k měřicí technice, s kterou jsem se doposud nesetkal. Na odborné praxi jsem si vytvořil reálnou představu pracovní náplně absolventa VŠ v oboru elektrotechniky. Odborná praxe mi dále pomohla ověřit si míru získaných vědomostí nabytých denním studiem, a také míru schopností sebe samého při řešení zadaných úkolů v novém prostředí. V současné době téměř většina firem upřednostňuje při přijímacím řízení uchazeče s předešlou praxí v oboru, kterou studenti po absolvování VŠ většinou nemají. V tomto ohledu vidím absolvování odborné praxe jako věc nezbytnou. Z těchto důvodů shledávám možnost absolvování individuální odborné praxe jako velice užitečnou alternativu, která mi jistě přijde vhod při budoucím hledání pracovního uplatnění. Propojení studia a praxe je v naší zemi z mého pohledu nedostatečné, ať již z nezájmu strany studentů, tak i z malého zájmu odborně zaměřených firem v oblasti využití potenciálu mladých studentů. Pokud bych se měl znovu rozhodnout, zda absolvovat odbornou praxi ve společnosti, nebo zpracovávat zadané téma, opět bych zvolil vypracování bakalářské práce formou absolvování odborné praxe. Na závěr chci poděkovat Vysoké Škole Báňské – Technické Univerzitě v Ostravě za vytvoření této jedinečné příležitosti, jak ukončit bakalářské studium v oboru Aplikovaná a komerční elektronika.

Seznam použité literatury

- [1] SMOLÍK, Jiří. *Svítlidla a světelné přístroje: Současnost a budoucnost automobilového osvětlení* [online]. 5/2001, roč. 2011, č. 5 [cit. 2013-03-29]. Dostupné na WWW: <<http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/44730.pdf>>
- [2] Hella Autotechnik, s.r.o. Mohelnice, *O firmě* [online]. 2001 [cit. 2013-03-29]. Dostupné na WWW: <http://www.hella.com/produktion/HellaPortal/WebSite/Internet_cz/Internet_HAT_cz/O_Firme/OFirme.jsp>
- [3] AUTOMOBIL INDUSTRY. *Vývojové trendy v automobilovém osvětlení* [PDF]. Ivana Nedbalová. 2012 [cit. 2013-03-29].
- [4] DVOŘÁČEK, Vladimír. *Světelné zdroje: Světelné diody* [PDF]. 2009, roč. 2009, č. 5 [cit. 2013-03-29]. Dostupné na WWW: <<http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/39810.pdf>>
- [5] *Vyzařování těles v infračervené oblasti* [PDF]. 2010 [cit. 2013-04-15]. Dostupné na WWW: <<http://euler.fd.cvut.cz/new/ctrl.php?act=show,file,873>>
- [6] *Bolometry a mikrobolometry* [online]. 2005-11-16 [cit. 2013-04-15]. Dostupné na WWW: <http://automatizace.hw.cz/clanek/2005111601>
- [7] *FLIR T400 Technical Specifications* [online]. 2010 [cit. 2013-04-26]. Dostupné na WWW: http://www.flir.com/uploadedFiles/Thermography_APAC/Products/Product_Literture/T400_Datasheet%20APAC%281%29.pdf
- [8] DŘÍNOVSKÝ, J., FRÝZA, T., SVAČINA, J., KEJÍK, Z., RŮŽEK, V., *Růžek, Elektromagnetická kompatibilita (encyklopedie)* [online]. 2010 [cit. 2013-05-10]. Dostupné na WWW: <<http://www.radio.feec.vutbr.cz/emc>>

Internetové odkazy jsou platné ke dni 2.5.2013

Seznam příloh

- A.** Tabulky naměřených hodnot k bodu 4.1.1.
- B.** Tabulky naměřených hodnot k bodu 4.1.2.
- C.** Schéma realizace PCB - SML DAG VS20 HSW DI

Příloha A

Tabulky naměřených hodnot k bodu 4.1.1.

ČM.	T	E	E _{rel}
	[s]	[lux]	[%]
1.	1	2939	100
2.	5	2897	98,57
3.	10	2881	98,03
4.	20	2849	96,94
5.	30	2830	96,29
6.	60	2767	94,15
7.	120	2730	92,89
8.	180	2722	92,62
9.	240	2710	92,21
10.	300	2699	91,84
11.	420	2683	91,29
12.	600	2677	91,09
13.	900	2670	90,85
14.	1200	2633	90,66
15.	1500	2601	90,39
16.	1800	2590	90,15

Tab. I: naměřené hodnoty FD-RIGEL

ČM.	T	E	E _{rel}
	[s]	[klux]	[%]
1.	1	13,7	100
2.	5	13,6	99,27
3.	10	13,39	97,74
4.	20	13	94,89
5.	30	12,5	91,24
6.	60	12,3	89,78
7.	120	12,23	89,27
8.	180	12,09	88,24
9.	240	11,89	86,79
10.	300	11,88	86,71
11.	420	11,9	86,32
12.	600	11,78	85,98
13.	900	11,73	95,62
14.	1200	11,6	84,67
15.	1500	11,59	84,59
16.	1800	11,58	84,53

Tab. II: naměřené hodnoty LA H9GP

Příloha A

ČM.	T	E	E _{rel}
	[s]	[lux]	[%]
1.	1	3269	100
2.	5	3248	99,36
3.	10	3241	99,14
4.	20	3234	98,93
5.	30	3228	98,75
6.	60	3216	98,38
7.	120	3211	98,23
8.	180	3207	98,1
9.	240	3203	97,98
10.	300	3201	97,92
11.	420	3198	97,83
12.	600	3196	97,77
13.	900	3193	97,68
14.	1200	3190	97,58
15.	1500	3188	97,52
16.	1800	3188	97,52

Tab. III: naměřené hodnoty LY W5SM

ČM.	T	E	E _{rel}
	[s]	[lux]	[%]
1.	1	1621	100
2.	5	1600	98,7
3.	10	1594	98,33
4.	20	1590	98,09
5.	30	1589	98,03
6.	60	1589	98,03
7.	120	1589	98,03
8.	180	1589	98,03
9.	240	1589	98,03
10.	300	1589	98,03
11.	420	1588	98,03
12.	600	1587	98,03
13.	900	1586	98,03
14.	1200	1586	97,96
15.	1500	1586	97,9
16.	1800	1586	97,84

Tab. IV: naměřené hodnoty Power DomiLED

Příloha B

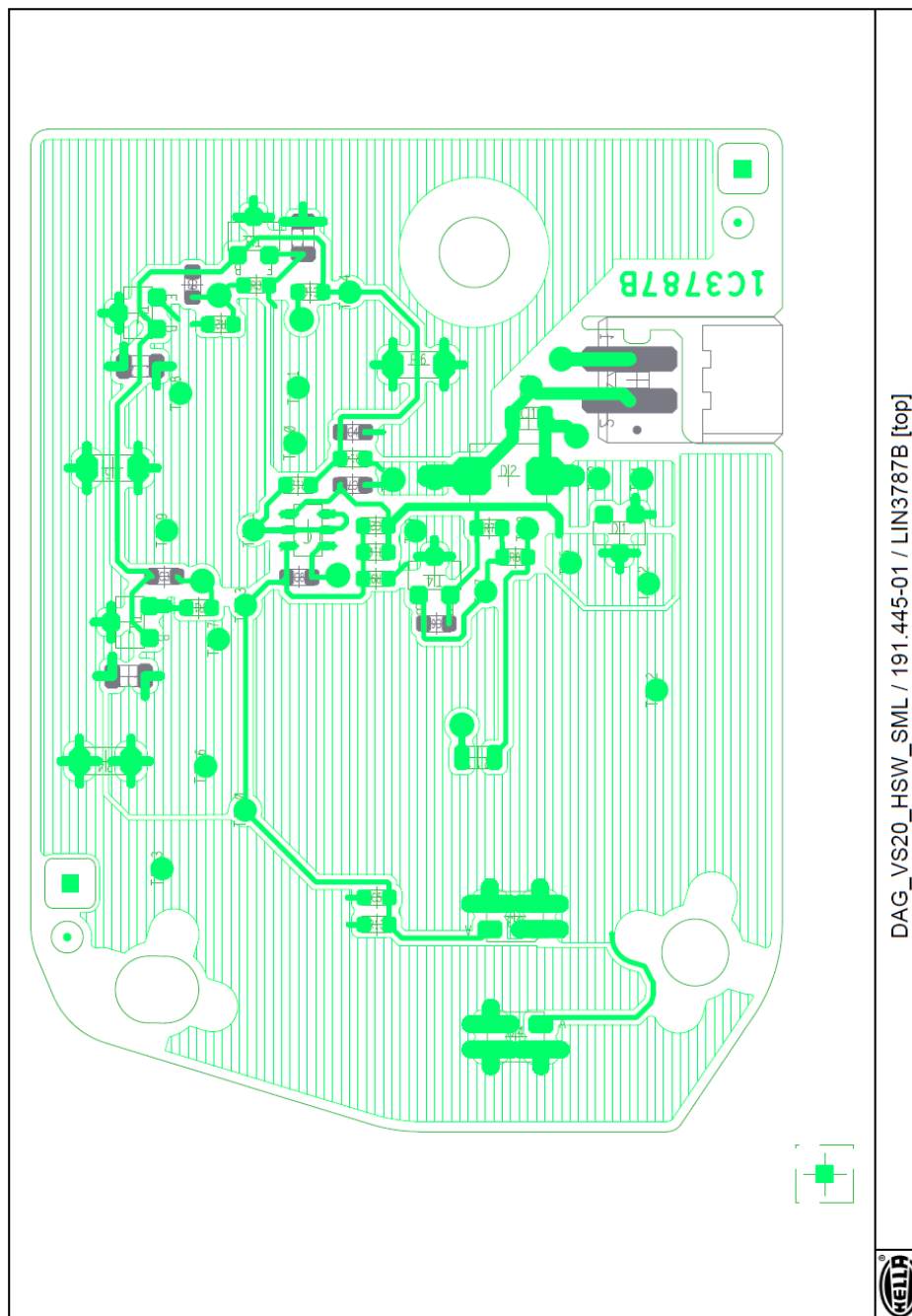
Tabulka naměřených hodnot k bodu 4.1.2.

ČM.	T _s	T _j	U _F	I _F	P _D	E	E _{rel}
	[°C]	[°C]	[V]	[mA]	[W]	[klux]	[-]
1.	25	25	2,19	350	0,77	13,8	1
2.	30	36,13	2,19	350	0,77	13,3	0,96
3.	35	41,13	2,19	350	0,77	12,95	0,94
4.	40	46,13	2,19	350	0,77	12,51	0,91
5.	45	51,13	2,19	350	0,77	12,06	0,87
6.	50	56,13	2,19	350	0,77	11,59	0,84
7.	55	61,13	2,19	350	0,77	11,05	0,8
8.	60	66,13	2,19	350	0,77	10,56	0,77
9.	65	71,15	2,19	350,8	0,77	10	0,73
10.	70	76,15	2,19	350,8	0,77	9,35	0,68
11.	75	81,15	2,19	350,8	0,77	8,6	0,62
12.	80	86,03	2,15	350,8	0,75	8	0,58
13.	85	91,03	2,15	350,8	0,75	7,5	0,54
14.	90	96,03	2,15	350,8	0,75	6,91	0,5
15.	95	101,01	2,14	350,8	0,75	6,22	0,45
16.	100	106,01	2,14	351	0,75	5,67	0,41
17.	105	111,01	2,14	351	0,75	5,15	0,37
18.	110	116,01	2,14	351	0,75	4,7	0,34

Tab. I: naměřené hodnoty LA H9GP

Příloha C

Schéma realizace PCB - SML DAG VS20 HSW DI



Obr. I: Rozložení součástek na proměřovaném vzorku SML